UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE PHYSIKALISCHE WIRKUNG DER KLEINGEWEHR-PROJEKTILE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DES

KAISERLICH-JAPANISCHEN ORDONNANZGEWEHRS SYSTEM MURATA

VON

Dr. ZUNESHABURO KIKUZI
KAISERLICH JAPANISCHEM STABSARZT
Z. Z. VOLONTÄRARZT AN DER CHIRURG. KLINIK DES PROF. BRUNS ZU TÜBINGEN.

MIT 4 TAFELN IN LICHTDRUCK.

TÜBINGEN 1890
H. LAUPP'SCHE BUCHHANDLUNG



1

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE PHYSIKALISCHE WIRKUNG

DER

KLEINGEWEHR-PROJEKTILE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DES

KAISERLICH-JAPANISCHEN ORDONNANZGEWEHRS
SYSTEM MURATA

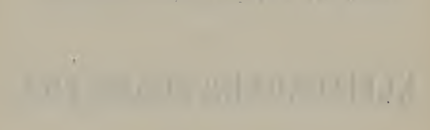
VON

Dr. ZUNESHABURO KIKUZI
KAISERLICH JAPANISCHEM STABSARZT
Z. Z. VOLONTÄRARZT AN DER CHIRURG. KLINIK DES PROF. BRUNS ZU TÜBINGEN.

MIT 4 TAFELN IN LICHTDRUCK.



TÜBINGEN 1890
H. LAUPP'SCHE BUCHHANDLUNG



Druck von H. Laupp jr. in Tübingen.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Prof. Dr. **P. Bruns**

als Zeichen ergebenster Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.



Vorwort.

Der Zweck der von mir angestellten Schiessversuche ist ein doppelter. Einerseits suchte ich über die interessante Wirkung der modernen Kleingewehr-Geschosse auf den menschlichen Körper, insbesonders über die Bedingungen ihrer explosiven Wirkung eigene Anschauungen zu gewinnen. Andererseits wollte ich die Leistungsfähigkeit des Japanischen Ordonnanzgewehrs mit der eines in einem europäischen Militärstaate eingeführten Gewehres vergleichen, wozu ich das Deutsche Infanteriegewehr M. 71/84 wählte. Zu letzteren Untersuchungen wurde ich durch den Kaiserlich Japanischen Generalarzt T. Ishiguro veranlasst, der mir auch das Japanische Ordonnanzgewehr System Murata zur Verfügung stellte. Hiefür sowie für die Anregung zu meiner Arbeit spreche ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus.

Die vorliegende Schrift zerfällt in vier Kapitel, von welchen die zwei ersten einen Ueberblick über die Handfeuerwaffen der Neuzeit im allgemeinen und über die Theorie der Gewehrgeschosswirkung geben, so viel mir wenigstens davon als besonders wichtig erschien. Im dritten Kapitel teile ich alle von mir angestellten Schiessversuche auf verschiedene Holzarten, Eisenplatten, Brustwehren aus Erde und auf menschliche Leichen mit. Das vierte Kapitel enthält eine eingehendere Erörterung der Geschosswirkung auf den menschlichen Körper, sowie eine Reihe zur Erklärung derselben eigens angestellter Experimente, wie z. B. über die Erhitzung der Geschosse, den hydraulichen Druck u. s. w., welche ich gemeinsam mit Herrn Prof. Dr. Bruns anstellen durfte.

Die Abbildungen, welche am Schluss des Werkes sich finden,

sind Phototypien, da durch diese Art der Vervielfältigung ein möglichst naturgetreues Bild der Deformationen der Geschosse und ihrer Wirkung auf Knochen und Holz erzielt wird.

Ich ergreife zugleich mit Freuden die Gelegenheit, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. P. Bruns, nicht nur für den Rat und die Unterstützung, die er mir bei meinen Schiessversuchen in liebenswürdigster Weise zu Teil werden liess, sowie für die gütige Ueberlassung des Materials, sondern besonders auch für seine freundliche und eingehende Anleitung in meinem Spezialstudium, der Chirurgie, meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Ferner sage ich den Assistenzärzten, Herrn Dr. Palm, Koch und Steudel, für ihre Unterstützung bei den Schiessversuchen meinen verbindlichsten Dank.

Tübingen im Dezember 1889.

Z. Kikuzi.

Inhaltsverzeichnis.



Erstes Kapitel.

Ueberblick über die Handfeuerwaffen.

Die Waffen, die im Kriege zur Verwendung kommen, können in Angriffs- und Schutzwaffen eingeteilt werden. Die Angriffs- oder Trutzwaffen zerfallen wieder in:

I. Nahwaffen oder blanke Waffen.

1. Hiebwaffen, 2. Stichwaffen, 3. Hiebstichwaffen.

II. Fern- oder Feuerwaffen.

1. Geschüze, 2. Handfeuerwaffen; a) einhändige (z. B. Revolver), b) zweihändige (Infanteriegewehre, Büchsen, Karabiner).

Was die Nahwaffen oder blanken Waffen betrifft, so dienen dieselben dazu, beim Handgemenge den Gegner durch Hieb oder Stich ausser Gefecht zu setzen, sowie den feindlichen Hieb oder Stich zu parieren. Dieselben wurden in früheren Zeiten fast ausschliesslich gebraucht, in der modernen Kriegsführung dagegen kommen sie nur noch bei der letzten Entscheidung blutiger Schlachten, beim Sturm auf Festungen und Schanzen in Anwendung.

Die Fern- oder Feuerwaffen zerfallen in Geschütze und Handfeuerwaffen: erstere haben den Zweck, Geschosse von grossem Gewicht und bedeutenden Dimensionen auf grosse Entfernungen forttreiben, während die letzteren, welche nur von einem Manne gehandhabt und getragen werden, Geschosse von geringerem Gewichte und kleineren Dimensionen forttreiben.

Auf die Handfeuerwaffen allein wollen wir in der Folge des Genaueren eingehen, da sie in viel höherem Grade, als die Geschütze, das Interesse des Arztes in Anspruch nehmen, denn die Zahl der durch Gewehrprojektile hervorgerufenen Verletzungen überwiegt bedeutend die auf Rechnung von Geschützfeuer kommenden.

Nach Wahl [1]) z. B. ergeben die einzelnen Berichten entnommenen statistischen Zusammenstellungen bezüglich des amerikanischen,

1) Langenbeck's Archiv Bd. XVI. p. 533.

dänischen und böhmischen Krieges für die Verwundungen durch Infanteriegewehre 80 %, durch Geschützfeuer und blanke Waffen 18 %, durch unbestimmte Ursachen 2 %. Löffler fand unter 2 355 Schusswunden 487 (20 %) von Artilleriewaffen herrührende Verletzungen. Die Dänen [1]) verloren 1864 durch Geschützfeuer 10 %, durch das Zündnadelgewehr 84 %, während 6 % auf blanke Waffen und andere Ursachen kamen. Beck gibt an unter 238 Verwundungen 32 (13.5 %) durch grobes Geschütz verursachte beobachtet zu haben. Die Oesterreicher verloren 1866 nach den Angaben des Militärwochenblattes durch Artillerie nur 3 %, durch blanke Waffen 4 %, durch nicht nachweisbare Ursachen 3 %, durch das Zündnadelgewehr 90 %.

Nach v. Ploennies und Weygand befanden sich unter 6 830 Verwundeten der Schlacht von Gravelotte 364 durch Artillerie, 70 durch blanke Waffen und 6 durch Mitrailleusen Verletzte, also für Infanteriegewehre 94 %, für Artilleriegeschosse 5 % und für blanke Waffen 1 %. Beck fand unter 7 182 Verletzungen beim Werder'schen Korps nur 70 Hiebwunden also 0.8 %.

Aus dem Angeführten geht also hervor, dass der Prozentsatz der durch grobes Geschütz und durch blanke Waffen Verwundeten ein sehr geringer ist; allerdings ist dabei in Rechnung zu ziehen, dass ein grosser, wenn nicht der grösste Teil der durch Artilleriegeschütz und blanke Waffen Verletzten bei den obigen Berechnungen nicht in Betracht gezogen wurde, da gerade die schweren Verwundungen durch Artilleriegeschosse und durch Bajonett- und Lanzenstiche viel eher geeignet sind den unmittelbaren Tod herbeizuführen, als die Schussverletzungen durch Handfeuerwaffen.

Mit der fortschreitenden Vervollkommnung der Handfeuerwaffen ist die Häufigkeit und Bedeutung des Nahkampfes gesunken und sind dementsprechend die Verletzungen durch blanke Waffen seltener geworden, so z. B. befanden sich noch im italienischen Kriege 1859 unter 12 689 Verwundeten beider Armeen 2 100 durch blanke Waffen Verletzte und v. Ploennies begründet diese Verhältnisse mit der Unvollkommenheit der Gewehre auf beiden Seiten, die, wegen des geringen Erfolges, der durch das Feuern erzielt wurde, einen Nahkampf unbedingt erforderte, wenn eine Entscheidung erzielt werden sollte.

Im amerikanischen Kriege dagegen kamen nach Wahl von 87 882 Verwundungen nur 249 (2 %) auf Rechnung der blanken

1) Militär-Wochenblatt (1868. Nr. 38).

Waffe und Strohmeyer [1]) führt an, dass unter 1 072 Verwundungen bei Langensalza 15 (1.4 %) durch blanke Waffen verletzt waren.

Aus all den gemachten Angaben geht unzweifelhaft die »souveräne Bedeutung des Infanteriegewehrfeuers« hervor, dessen positive Wirkung nach v. Ploennies und Weygand [2]) derjenigen der Artillerie 5—9 mal, der der blanken Waffe 30—50 mal überlegen ist.

Das Zahlenverhältnis zwischen den Verwundungen durch Handfeuerwaffen, Geschütze und blanke Waffen ist jedoch je nach der Gefechtsweise für einzelne Kämpfe sehr verschieden. Der Belagerungskrieg gibt andere Resultate, als die Feldschlacht. Wahl [3]) z. B. erwähnt: »Unter 268 Franzosen, welche während der Belagerung von Strassburg verwundet waren und von mir im Militärhospital daselbst in Behandlung übernommen wurden, waren 189 (70.5 %) durch Granatsplitter verwundet. Unter 518 später hinzugehenden Verwundeten waren 461 (89 %) durch Gewehrprojektile, 57 = 11 % durch Granatsplitter verletzt worden. Bei 205 Verwundungen in einem Gorzer Feldlazarette behandelte ich 17 (8.2%) durch grobes Geschütz Getroffene. Letztere waren in den Schlachten um Metz verwundet, während die 57 im Strassburger Militärlazarett später aufgenommenen, durch Granaten Verwundeten grossenteils aus den Belagerungskämpfen von Belfort kamen.«

Dass nicht jede Kugel ihren Mann trifft, dafür bietet die Statistik sprechende Beweise. Der geringe Prozentsatz der Treffer ist ein erstaunlicher. So erwähnt z. B. Wahl die Erzählung Wilford's, wonach von 80 000 an einem Tage im Kaffernkriege abgeschossenen sphärischen Geschossen nur 25 trafen. 3 000 Schüsse der Engländer hatten bei Salamanca nur 1 Treffer. Mit der Vervollkommnung der Gewehre ging natürlich eine Zunahme der Anzahl der Treffer Hand in Hand und in den neueren Kriegen ist der Prozentsatz der Treffer ein bedeutend günstigerer. So wurde z. B. im Krimkriege nach Chenn 89 595 363 Gewehrprojektile und 1 109 241 grobe Geschosse von den Franzosen abgefeuert. Die hohe Zahl der Verwundungen während dieses Krieges nahe an 200 000 (2.2 %) ist daher erklärlich.

---

1) Nachtrag zu den Maximen 1867.
2) Deutsche Geschossfrage p. 9.
3) Langenbeck's Archiv Bd. XVI. p. 535.

Erklärlicherweise bessert sich das Treffverhältnis, wenn die Waffe auf nahe Distanzen gebraucht wird, dies zeigt das Gefecht von Lundby, wo 64 Preussen durch 750 Schüsse 88 Dänen (11.7 % Treffer) ausser Kampf setzten. Für die Mainkampagne stellt sich die Wirkung des Zündnadelgewehres nur auf 0.9 % Treffer. Bei Langensalza rechnet man von den Kämpfenden 13 % Tode und Verwundete, im böhmischen Kriege 6—7 %.

Ueber die Resultate der Infanteriegewehrwirkung im letzten deutsch-französischen Kriege bemerken v. Ploennies und Weygand Folgendes: »Sagen wir 70 % der Gesamtwirkung und taxieren wir diesen Betrag auf 70 000 durch Bleigeschosse verwundete Franzosen, so ist unsere Schätzung gewiss hoch gegriffen, um durch künftige Aufklärungen in keinem Fall überboten zu werden. Gehen wir ferner von der äusserst geringen Annahme aus, dass während der ganzen Kampagne von deutscher Seite durch eine halbe Million Infanteristen im Ganzen nur je 50 Schuss per Mann, also 25 Millionen Patronen gegen den Feind abgeschossen worden seien, so wird jedermann zugeben, dass diese Schätzung der verbrauchten Munition, eine sehr mässige, ja offenbar zu geringe ist. Hieraus würde aber für die Kriegsleistung der deutschen Gewehre sich nur der minimale Betrag von 0.28 % berechnen. Mag nun auch die Truppenzahl und die verbrauchte Patronenmenge auf Grund späterer Aufklärungen noch weiter zu verringern, die Zahl der getroffenen Franzosen dagegen noch höher anzunehmen sein, — immerhin wird die deutsche Infanteriewaffe für diesmal höchstens die gewöhnliche Leistung von 0.7 % oder höchstens 3/4 % erreicht haben. Die Leistung des Chassepotgewehres dürfte sich kaum wesentlich davon unterscheiden. Es betrugen unsere Gefechtsverluste nach amtlichen Angaben während des letzten Feldzuges bei einer Armeestärke von 887 876 Mann 113 240 = 12.8 % an Toten und Verwundeten. Gleich tot auf dem Schlachtfelde blieben 17 570 = 1.8 % der Gesamtstärke der Armee, 15.5 % des Gesamtverlustes durch Kriegswaffen; an den Wunden starben später 10 707 = 1.2 % der Gesamtstärke und 11.1 % der Gesamtzahl der Verwundungen nach Abzug der Toten; im ganzen 28 277 Tote durch Kriegswaffen 3.22 % der Armeestärke und 24.9 % der Gesamtverwundungen.«

Für den Militärarzt ist es nicht ohne Interesse, die Konstruktion der einzelnen Gewehr-Systeme zu berücksichtigen. Ein jedes System verleiht dem Geschosse eine andere Geschwindigkeit resp. lebendige Kraft und Tragweite. Es haben infolge dessen die Geschosse der

einzelnen Systeme auf dieselbe Entfernung eine ganz verschiedene Wirkung auf den getroffenen Körper. Wo das eine Geschoss noch ausgedehnte Zertrümmerungen hervorruft, dringt das andere nur noch ein, ruft das dritte nur noch eine Quetschung hervor oder hat wegen gänzlichen Erlöschens seiner lebendigen Kraft gar keine Wirkung mehr. In dieser durch die Konstruktion bedingten verschiedenen Tragweite der Gewehre ist ein Hauptgrund zu suchen, warum man den Geschossen der verschiedenen Systeme einen spezifischen Einfluss auf die Gravidität der Verwundung gegeben hat.

Auf diesen Umstand ist z. B. die 1859 beobachtete und besonders hervorgehobene zerstörende Kraft der französischen Projektile zurückzuführen. Auch 1864 deutete man in Schleswig die durch das Langblei hervorgerufenen grossartigen Knochenzersplitterungen als ein charakteristisches Zeichen dieses Projektils, während der Grund in letzter Linie auf die grössere Tragweite zurückzuführen ist. Die grosse Anzahl von Mehrverwundungen, die im letzten Kriege auf Rechnung der grösseren Rasanz und Tragweite des Chassepotgewehres zu rechnen sind, haben wir schon andern Orts angegeben. Ebenso kann die verschiedene Geschwindigkeit der Geschosse bei den einzelnen Systemen aus der Seite 8 angegebenen Tabelle ersehen werden.

Die Handfeuerwaffen haben im Laufe der Zeit mannigfache Umwandlungen und Aenderungen erfahren müssen, bis sie zu der Vollkommenheit gelangten, wie die Neuzeit sie verwendet.

Bei den ältesten Handfeuerwaffen wurde die Entzündung des Pulvers mittelst der Lunte herbeigeführt, später konstruierte man das Luntenschloss, welches 1517 durch das Radschloss ersetzt wurde. Diesem folgte 1630 das Steinschloss. 1807 wurde das Perkussionsschloss erfunden, bei welchem die Entzündung durch ein aufgesetztes Kupferhütchen mit Zündsalz besorgt wird.

Schon 1597 verwendeten die Italiener Patronen; eine wesentliche Vervollkommnung erfuhren dieselben durch Dreyse, der 1829 die Einheitspatrone, bei welcher Geschoss, Ladung und Zündung vereint sind, einführte, die Neuzeit verwendet fast ausschliesslich Metall- und zwar Messingpatronen.

Bis zum Jahre 1848 war beinahe überall noch der glatte Vorderlader mit sphärischen Geschossen im Gebrauch. Zwar wurden gezogene Handfeuerwaffen schon um 1490 und Hinterlader zu allen Zeiten konstruiert, jedoch wurde erst 1836 durch die Erfindung des

Zündnadelgewehres durch Dreyse ein gebrauchsfähiger gezogener Hinterlader mit Langgeschossen geboten.

Während die glatten und gezogenen Vorderlader 15—18 mm Kaliber hatten, war das Schweizergewehr 1851 das erste mit 10.5 mm, alle neuen Hinterlader haben 8—11 mm Kaliber.

Der Handfeuerwaffen bedient man sich im Kriege, um durch die Perkussionskraft ihrer Geschosse, gewöhnlich nur bei direktem Schuss den Gegner auf grössere Entfernungen kampfunfähig zu machen; im Falle des Nahkampfes werden sie auch als blanke Waffe gebraucht. Den grossen Feuerwaffen gegenüber haben sie den Vorteil, dass sie von einem einzelnen Manne geführt, in jedem Terrain ohne Schwierigkeit gebraucht, sowie leichter und schneller bedient werden können.

Man unterscheidet Vorder- und Hinterlader; in sämtlichen Armeen der zivilisierten Länder sind die Hinterlader eingeführt.

Dieselben bestehen im wesentlichen aus 3 Hauptteilen, dem Lauf, dem Schloss und dem Schaft. Der Lauf ist aus Gussstahl gefertigt, seine innere Bohrung nennt man Seele, die Umfassung derselben die Seelenwände. Eine durch die Mitte der Seele der Länge nach gedachte gerade Linie heisst Seelenaxe. Die Seele zerfällt in den gezogenen Teil und das hinten befindliche glatte Patronenlager. In die Wände des gezogenen Teils sind Züge eingeschnitten, deren Windung um die Seelenaxe man Drall heisst. Die zwischen den Zügen befindlichen Teile der Seelenwände nennt man Felder. Die Züge sind meist mit den Feldern gleich breit. Den Durchmesser der Seele von Feld zu Feld gemessen nennt man Kaliber des Laufes.

Das Schloss verschliesst den Lauf, bewirkt die Entzündung der Patrone und dient zur Entfernung der Patronenhülse nach dem Schuss. Der Schaft besteht aus Holz und ermöglicht eine bequeme Handhabung des Gewehres.

Die Hinterlader unterscheiden sich von den früher gebräuchlichen Vorderladern, ausser der Hinterladung, namentlich durch die Konstruktion des Laufes und sein Verhältnis zum Geschoss. Die früher gebräuchlichen Gewehre hatten ein inwendig glattes Rohr und der Durchmesser der Seele war etwas grösser als derjenige des Geschosses, wie es die Vorderladung eben verlangte. Die Folge hievon war, dass das Geschoss schon im Laufe, mehr aber noch nach Verlassen desselben Schwingungen und infolge der verschiedenen Exzentrizität des Schwerpunktes verschiedene Rotationen machte; die Treffsicherheit wurde dadurch bedeutend herabgesetzt.

Bei den neueren Gewehren sind, wie oben bemerkt, Züge angebracht und der Durchmesser des Projektils ist etwas grösser als das Kaliber des Laufes. Das Geschoss muss daher in den Lauf und die Züge hineingepresst werden und erhält dadurch eine schraubenartige Bewegung. Die Rotation ist somit eine ganz bestimmte um die Längsaxe des Geschosses; es behält dieselbe auch nach dem Verlassen des Laufes bei; dadurch ist die frühere verschiedenartige Rotation ausgeschlossen und die Treffsicherheit erhöht. Je mehr Windungen die Züge haben, je grösser der Drall ist, um so grösser ist die Rotationsgeschwindigkeit, um so mehr verringert sich dann aber auch durch die Reibung die Anfangsgeschwindigkeit des Projektils.

Die Hinterlader werden ihrerseits wieder eingeteilt in Einzellader und in Mehrlader.

Es folgt hier eine Tabelle (s. S. 8), welche die für Aerzte wichtigsten Daten der gegenwärtig in verschiedenen Staaten in Gebrauch befindlichen Ordonnanzgewehre geben soll.

Bei der Konstruktion des Gewehres ist, abgesehen von der Handlichkeit, darauf Rücksicht zu nehmen, dass das Gewicht desselben eine bestimmte Grenze nicht überschreitet. Bisher wurde die Erfahrung gemacht, dass die Belastung des Soldaten durch die übrigen Ausrüstungsstücke schon so hoch ist, dass, wenn man die grossen Anforderungen, die in Beziehung auf Marschieren und Kämpfen an den Mann gestellt werden, in Betracht zieht, das Gewicht des Gewehres 5 kg nicht überschreiten sollte, während die vom Manne selbst getragene Munition kein grösseres Gewicht als 3.5 kg haben sollte. Andererseits hat die Erfahrung gelehrt, dass das Gewehr und besonders das Repetiergewehr, wenn es im andauernden Schnellfeuer gebraucht werden soll, des Rückstosses wegen nicht leichter sein darf, als 4 kg [1]).

Die Munition der Handfeuerwaffen besteht bei neueren Gewehren allgemein aus einer Einheitsmetallpatrone mit Zentralzündung.

Einheitsmetallpatrone nennt man eine solche Patrone, bei welcher alle Teile der Munition ladefertig durch die aus Metall bestehende Patronenhülse zusammengehalten werden. Die Figur 1 (Seite 9) ist eine Einheitsmetallpatrone von dem japani-

1) Die vorstehenden Daten sind dem „Leitfaden für den Unterricht in der Waffenlehre an den Kgl. preussischen Kriegsschulen“ entnommen, sind also speziell für deutsche Soldaten berechnet, da die Körpergrösse der japanischen Soldaten im allgemeinen unter der des deutschen sein dürfte, so müssten für das japanische Heer die Zahlen für die Belastung entsprechend niedriger angenommen werden.

Namen der Staaten	System	Kaliber in mm	Gewicht des Gewehrs in kg	Länge des Gewehrs in m	Länge des Geschosses in Kaliber	Geschoss-Gewicht in gr	Pulverladung in gr	Anfangsgeschw. in m	Wirksame Schussweite in m	Auf 3 kg gehen Patronen Stück
Japan	Murata	11	4.097	1.277	2.73	27	5.3	460	—	67
Deutschland	Mauser 71/84	11	4.500	1.330	2.6	25	5	440	1600	69
Belgien, Brasil.	Comblain II	11	4.300	1.210	2.27	25	5	400	—	74
Dänemark	Remington	11.44	4.125	1.282	2.2	25	3.9	381	750	86
Frankreich	Chassepot (Gras.)	11	4.200	1.305	2.5	25	5.25	440	1600	70
Grossbritannien	Henry-Martini	11.43	4.000	1.180	2.7	31.1	5.5	416	1600	62
Italien	Vetterli	10.4	4.200	1.345	2.4	20.4	4	430	1000	97
Niederland	Beaumont	11	4.350	1.320	2	21.75	4.25	425	750	77
Oesterreich	Werndl	11	4.200	1.300	2.3	24	5.00	430	1200	81
Schweiz	Vetterli	10	4.700	1.300	2.4	20.4	3.75	435	900	98
Vereinigte St. Nord-Amerika	Springfield	11.43	—	—	2.5	26.2	4.52	—	—	77
Schweden	Jarmann	10.15	4.420	—	—	21.85	4.46	—	—	—
Russland	Berdan II	10.66	4.350	1.360	2.5	24	5.07	436	1600	76

schen Ordonnanzgewehr System Murata. Man nennt dieselbe scharfe Patrone zum Unterschied von der Platz- und Exerzierpatrone.

Die Papierumwickelung des Geschosses ist bei Messinghaut-, Kupferhaut-, Stahlmantel- und Verbundgeschossen überflüssig; sie soll das Verbleien des Laufes verhindern.

Die Geschossfettung in Verbindung mit einem Fettungsmittel (Wachspfropfen) hinter dem Geschoss verhindert die Reibung und trägt ganz wesentlich zur Erhöhung der Treffwahrscheinlichkeit bei. Der Wachspfropfen ist, um das Pulver nicht zu schädigen und sich leichter vom Geschosse zu trennen, zwischen zwei Kartonplättchen eingeschlossen; er bewirkt die feste Lagerung, sowie den luftdichten Abschluss der Pulverladung nach der Seite des Geschosses hin und verhindert beim Schuss das Eindringen der Pulvergase zwischen das Geschoss und die Laufwände.

Fig. 1.

a = Geschoss, b = Papierumwickelung, c = Wachspfropfen mit Kartonplättchen, d = Pulverladung, e = Mantel der Hülse, f = Hülsenboden, g = Zündhütchen.

Was das Material des Geschosses betrifft, so muss es vom ballistischen Standpunkt aus zur Erzielung einer grossen Querschnittsbelastung spezifisch schwer sein. Je grösser das Gewicht eines Projektils ist, um so leichter überwindet es den Luftwiderstand, desto grösser ist auch seine Tragfähigkeit und Treffsicherheit.

Das Minimum des Geschossgewichtes wird durch die Forderung bestimmt, dass durch das Geschoss noch auf eine möglichst weite Distanz ein Mensch kampfunfähig gemacht wird, das Maximum durch die Rücksicht auf die Handlichkeit der Waffen und die Transportfähigkeit möglichst vieler Patronen. Um den Effekt der zu überwindenden Widerstände nicht durch eine zu grosse Fläche des Geschosses zu vergrössern, griff man zur möglichst grossen Belastung der Einheit des Querschnitts, dazu ist aber gerade das Blei durch seine spezifische Schwere besonders geeignet. Es kommt also in den meisten Ländern hauptsächlich das Weichblei und das Hartblei zur Anwendung.

Da man in neuerer Zeit von dem menschenfreundlichen Gesichtspunkt ausgeht, bei dem getroffenen Feinde nur eine vorübergehende Kampfunfähigkeit herbeizuführen und Tötung und Verkrüppelung möglichst zu verhindern strebt, so hat man das Weichblei als Geschossmaterial zu vermeiden gesucht. Bei dem geringen Grade von Härte, den dasselbe besitzt, muss es sich infolge der heftigen Perkussionskraft bei entsprechendem Widerstande deformieren, es wird seine Gestalt in überaus schädlicher Weise verändern und so die kompliziertesten Schusswunden hervorbringen.

Man hat deshalb versucht, dem Bleigeschoss mehr Haltbarkeit zu verleihen, teils durch Legierungen mit anderen Metallen, z. B. mit Zinn oder auch mit Antimon und Quecksilber, teils durch einen nur mechanisch verbundenen, entweder vollständigen oder partiellen Ueberzug mittelst eines anderen, festeren Metalles (Stahlspitze, Kupferring, Kupfermantel), oder man entschloss sich, statt des Blei's ein viel härteres Metall, wie z. B. Eisen, Stahl, Kupfer zu wählen. Dabei muss man aber berücksichtigen, dass jede Beschädigung der Züge des Laufes vermieden werden muss, die Flugbahn des Geschosses, der Perkussionskraft entsprechend nicht durch eine Verminderung des nötigen Gewichtes, der geeigneten Form und Länge gestört werden darf und dass andererseits das Geschoss trotz seiner verstärkten Haltbarkeit doch einen gewissen Grad von Elastizität und Nachgiebigkeit besitzen soll, um unter Umständen einzelne Hindernisse leichter zu passieren.

Die bis jetzt angestellten Versuche blieben ohne den gewünschten Erfolg. Einerseits erwies sich die durch die Legierung mit Zinn beabsichtigte Verstärkung des Blei's als ungenügend, da trotzdem nachteilige Deformierungen des Geschosses bei beträchtlichem Widerstand erfolgten, andererseits hafteten die Ueberzüge, wie bei Mauser's kupfernem Führungsring und dem Bode'schen Projektil nicht fest, konnten auch ihrerseits eine Deformierung nicht verhindern und waren geeignet, durch ihre Anwesenheit im Schusskanal die gesetzten Wundverhältnisse noch zu verschlimmern.

In neuerer Zeit ist man der Lösung der Frage näher getreten durch die Konstruktion der Mantelgeschosse mit Bleikern. Unter denselben kommen hauptsächlich die Kupfermantel-, die Lorenz'schen verschmolzenen Stahlmantel- und die neuen Mauser'schen Nickelmantelgeschosse in Betracht.

Was die Form der Geschosse anbelangt, unterscheidet man

sphärische und Langgeschosse. Das sphärische Geschoss hat schon lange dem Langgeschoss den Platz räumen müssen, da das erstere infolge seiner Gestalt nicht mit gleicher Schnelligkeit, Sicherheit und Kraft wie die modernen Projektile das weit entfernte Ziel erreichen kann. Schusswunden durch sphärische Kugeln (Jagdgewehr-, Schrotkugeln etc.) werden deshalb nur hie und da in der Friedenspraxis beobachtet.

Man glaubte früher irrtümlicher Weise, dass die besondere Beschaffenheit der Verletzung von der Gestalt des Geschosses allein abhängig sein sollte. Dass aber die Wirkungsart, beziehungsweise Gefährlichkeit des Langgeschosses thatsächlich grösser ist, als diejenige der runden Kugel und dass Deformierung bei der alten Kugel nicht so häufig beobachtet wurde, rührt nur daher, dass dieses Geschoss selten mit grösster Gewalt einschlug. Wenn aber einmal eine runde Kugel aus der Nähe mit der gleichen Gewalt auf einen Widerstand einwirkt wie ein modernes Projektil, so zertrümmert sie auch in ähnlicher Weise und sogar noch viel stärker. In der That hat man in den früheren Feldzügen manche Rundkugel extrahiert, welche ausgezackt, korkzieherartig gewunden, verbogen, gänzlich abgeplattet, selbst in zwei Hälften geteilt oder zersplittert war. (Beck.)

Die modernen Geschosse sind Vollgeschosse und gewöhnlich 2.5—3 Kaliber lang, bei kleinkalibrigem Gewehr (Hebler 7.5 mm) ist eine Verlängerung bis auf 4.5 Kaliber unter besonderen Anordnungen des Laufes und des Geschosses geglückt. Der Führungsteil ist meist cylindrisch, die Geschossspitze ist entweder kuglig oder ogival (die neuen Geschosse werden deshalb als cylindro-ogivale bezeichnet), der Boden ist meist etwas vertieft, um die überstehende, zusammengedrehte Papierumwickelung aufzunehmen und durch die eingeschlossene Luft die Trennung der Kartonplättchen und Wachsscheiben vom Geschoss zu befördern.

Ausser den sphärischen und cylindro-ogivalen Geschossen gab es noch verschiedene Formen, welche aber meist zu der Kategorie der cylindrischen gehörten, welche in der modernen Zeit nicht mehr in Gebrauch kommen würden.

Als eine weitere Art der für die Infanterie in Betracht kommenden Geschosse ist noch das Explosionsgeschoss zu erwähnen.

Dasselbe ist ein hohles, mit Zündsatz gefülltes Spitzgeschoss, welches durch Aufschlag am Ziele explodiert und besonders durch Dreyse seine vollendetste und verheerendste Konstruktion erhalten

hat. Da der Gebrauch von explosiven Geschossen unter 400 gr Gewicht im Kriege durch die Petersburger internationale Konvention vom 28. Oktober 1868 verboten wurde, so haben sie kein Interesse für Kriegschirurgen. Der Chassepotschuss aus der Nähe ist beim Treffen eines Knochens in seiner Wirkung dem eines Schusses mit einer Explosivkugel ähnlich, da Teile der Kugel wirklich auseinanderstäuben. Im Kriege von Deutschland gegen Frankreich 1870/71 konnte man sich leicht täuschen in den Verwundungen bei Kämpfenden aus der Nähe, wie in den Weinbergen von Wörth, so dass einige von deutschen Aerzten explosive Kugeln vermuteten, wo das Zerstäuben der Kugeln auf andere mechanische Momente zurückzuführen war.

Indirekte Geschosse nennt man alle diejenigen Körper, welche durch den Anprall des direkten Geschosses, einen Teil dessen lebendiger Kraft erhalten, mit fortgerissen, abgesprengt oder geschleudert werden und so dem Kämpfenden Gefahr bringen.

Man ersieht leicht, dass die Reihe der indirekten Geschosse eine sehr grosse und bunte ist. In erster Linie können als solche in Betracht kommen Gegenstände, die der Kämpfende an sich trägt, Teile der Ausrüstungsstücke, Uniformknöpfe oder Gegenstände, die er in der Tasche mit sich trägt, als Uhren, Münzen, Schlüssel u. s. w., Dinge, die auf der einen Seite sehr oft durch den Widerstand, den sie dem Geschoss leisten, den Kämpfenden schützen, andererseits aber zertrümmert oder mitgerissen sehr oft demselben Gefahr bringen. Ferner können alle möglichen Gegenstände in der Umgebung des Kämpfenden den Stoff zu indirekten Geschossen geben. Holzsplitter, abgerissene Aeste, kleine Steine, Steinsplitter, Mauerstücke, Armaturstücke benachbarter Soldaten, selbst Zähne und Knochensplitter von Verwundeten gefährden den Körper des Kämpfenden.

Gebirgiges Terrain und Belagerungskämpfe in erster Linie werden immer zu einer Reihe von Verwundungen durch indirekte Geschosse Anlass geben. An und für sich bringen dieselben in der Regel keine schweren Verletzungen hervor, vollständige Schusskanäle sind selten durch sie hervorgerufen worden, da ihnen die hiezu nötige Kraft und äussere Beschaffenheit meist fehlt, sie komplizieren aber oft Schusswunden und werden besonders für Gesicht und Augen gefährlich.

Nicht selten dringt das direkte zugleich mit dem indirekten Geschoss ein, indem es sich der Form des letzteren anpasst und an demselben haftet. So berichtet Fischer z. B. von einem sächsi-

schen Jägergeschoss, das mit einem Stück der Gewehrbekleidung fest verbunden und nach demselben umgeformt war. Ebenso sah derselbe ein preussisches Langblei, das mit einem Draht, den es in einer tiefen Rinne trug, eng verbunden eingedrungen war. Socin bringt die Abbildung eines deformierten Langblei's das im Verein mit 3 krummgebogenen Sousstücken aus dem Oberschenkel eines französischen Verwundeten herausgezogen wurde. Zu diesen Gegenständen gesellten sich später noch 2 Westenknöpfe, die aus der Wunde entfernt wurden. Die Litteratur bietet eine Menge der abenteuerlichsten Fälle von Verletzungen durch indirekte Geschosse. Stromeyer fand den Reichsapfel des deutschen Doppeladlers bei einem Soldaten im Gehirn. Ferner einen hohlgeschlagenen Spezies-Thaler und eine Messerspitze mit samt der Kugel im Dickdarm eines Verwundeten. Bei einem französischen Korporal, welchem wegen Granatzersplitterung beide Unterschenkel amputiert worden, fand Wahl in einem weiten gerissenen blinden Schusskanal am Kreuzbein ein 3 cm langes Stück Horn, einem Taschenkamm entstammend, Larrey entfernte eine Säbelspitze aus dem Oberarm, Longmore extrahierte ein in die Conjunctiva eingedrungenes Stück eines fremden Schädels; einem andern Soldaten war der Backenzahn des nebenstehenden Kameraden in den Augapfel gedrungen, während ein Stück vom Oberkiefer eines verwundeten Artilleristen in den Gaumen eines Nachbars getrieben wurde. Macleud berichtet von einem 4 Unzen schweren Stein, der aus einer Fistel in der Hüftgegend bei einem Soldaten erst ein Jahr nach der Verletzung extrahiert wurde. Ducachet entfernte den Stahlhenkel eines Blechnapfes aus einer Schusswunde in der Nabelgegend; Billroth fand die Hälfte einer Patronenhülse in einer Achselwunde, Stephani einen Schlüssel in einer Schenkelwunde, Fischer einen grossen Nagel, womit man die Geschütze vernagelt, in einer Rückenschusswunde. Knoevenagel beschreibt eine schwere Verletzung des Gesichts, welche durch eine zertrümmerte und zurückgeschleuderte Zündschraube herbeigeführt wurde, Arnold eine Fraktur des Unterkiefers durch die Schraube einer Granate.

Dass gerade gewisse als Schutzmittel angewendete Bekleidungen sehr gefährlich für den Träger werden können, hat Busch durch seine Versuche am Kürass gezeigt.

Zum Schlusse sei noch des Schiesspulvers gedacht. Dasselbe, ein inniges Gemenge von Kalisalpeter, Schwefel und Kohle, wird in neuerer Zeit ausschliesslich zur Entwicklung der treiben-

den Kraft bei den Schusswaffen verwendet. Die Kenntnis seiner Zusammensetzung und seiner Verbrennungsprodukte ist für den Kriegschirurgen von Wichtigkeit, da Teile der letzteren, besonders bei Schüssen aus der Nähe, nicht selten in die Wunde mit eindringen. Theoretisch sollte das Pulver aus je 1 Molekül Salpeter und Schwefel und 3 Molekülen Kohle oder aus 74.8 Teilen Salpeter, 11.8 Teilen Schwefel und 13.4 Teilen Kohle bestehen, es wird aber meist aus 74 Teilen Salpeter, 10 Teilen Schwefel und 16 Teilen Kohle gefertigt. Von diesen liefert der Salpeter die meisten treibenden Gase bezw. Bestandteile derselben, die Holzkohle soll das Feuer aufnehmen, den Salpeter zersetzen und mit ihm treibendes Gas bilden, der Schwefel dient als Binde- und Formmittel und vervollständigt und beschleunigt die Zersetzung des Salpeters. Das Schiesspulver explodiert bei schnellem Erhitzen auf 270—320°, durch einen Funken, glühende Körper, durch Stoss und Schlag. Bei der Verbrennung entstehen 0.57 % feste, 0.43 % gasförmige Produkte; 1 gr Pulver liefert 280 kcm Gase, die Verbrennungswärme beträgt 2200° C, die Maximalspannung 6400 Atmosphären. Die Rückstände bestehen aus kohlensaurem und schwefelsaurem Kali und Schwefelkalium. Für die verschiedenen Waffen wird ein nach Feinheit und Dichtigkeit verschiedenes Pulver verwendet, für schwere Geschütze benützt man grobkörniges, z. B. Mammutpulver mit Körnern von 15—26 mm Durchmesser, prismatisches Schiesspulver etc. Das spezifische Gewicht älteren Schiesspulvers beträgt 1.52—1.60, des neueren je nach seinem Zweck 1.66—1.80.

In neuester Zeit wurden auch Versuche mit einem Pulver gemacht, das nur sehr wenig Rauch entwickeln und einen schwächeren Knall verursachen, dabei das seither gebräuchliche an Leistungsfähigkeit übertreffen soll.

Zweites Kapitel.

Theorie der Geschosswirkung.

In diesem Kapitel sollen zur Abhandlung kommen 1) die lebendige Kraft, 2) die Flugbahn, 3) die Widerstandskraft des getroffenen Körpers.

1) Die lebendige Kraft.

Die lebendige Kraft des Geschosses ist der Hauptfaktor beim Zustandekommen der Schussverletzungen. Sie ist ein bestimmter mathematischer Begriff.

Die lebendige Kraft (W) des Geschosses wird ausgedrückt durch das halbe Produkt aus der Masse (M) und dem Quadrate der Geschwindigkeit (V)

$$W = \frac{M \,.\, V^2}{2}.$$

Die Masse des Geschosses ist konstant, bis zu dem Augenblick, wo das Geschoss auf irgend einen Gegenstand aufschlägt. Sie wird durch den Quotienten aus dem Geschossgewicht (p) und der Beschleunigung durch die Anziehungskraft der Erde (g) ausgedrückt.

$$m = \frac{p}{g}.$$

Es ist z. B. bei dem japanischen Infanteriegewehr die lebendige Kraft bei 25 m Distanz

$$W = \frac{0,027 \,.\, 425^2}{2 \,.\, 9,81} = 248.5 \text{ kg}.$$

Die Geshwindigkeit richtet sich:

1) nach der eigenartigen Konstruktion der einzelnen Gewehre, so z. B. haben Whitworthgewehre (Geschosskaliber 11.2 mm, Geschossgewicht 31 gr, Pulverladung 5.5 gr, Geschwindigkeit 320 m) und japanische Ordonnanzgewehre unter sonst ziemlich gleichen Umständen ganz verschiedene Geschwindigkeit. So hat ferner das französische Tabatière-Gewehr (18.4 mm Kaliber) eine Anfangsgeschwindigkeit von nur 290 m, die französische Büchse Nessler (17.2 mm

Kaliber) und das preussische Zündnadelgewehr (13.6 mm Kaliber) ebenfalls eine Anfangsgeschwindigkeit von 296 m, während das japanische und deutsche Ordonnanzgewehr (11 mm Kaliber) eine Anfangsgeschwindigkeit von 430—460 m und Rubin-Schmidt-Gewehr (Schweiz) eine Anfangsgeschwindigkeit von 540 und das neue kleinkalbrige Mausergewehr (8 mm Kaliber) eine solche von 605 m haben;

2) nach der Expansionskraft der verschiedenen Pulversorten und der Pulverladung. Nach den von Ploennies und Weygand angestellten Versuchen hat die Körnergrösse des Pulvers Einfluss auf die Geschwindigkeit. Von Pulversorten, bei denen auf 1 gr

15	Körner	gehen,	war	die	Anfangsgeschwindigkeit	445	m
79	»	»	»	»	»	474	»
677	»	»	»	»	»	557	»
1000	»	»	»	»	»	581	»

Ausserdem hängt dieselbe von der Quantität der Pulverladung ab. Eine grosse Pulverladung gibt eine grössere Anfangsgeschwindigkeit, ein Grund, weshalb die alten glatten Musketenkugeln so eminente Anfangsgeschwindigkeit hatten. Dieselbe ist beiläufig bei den jetzt gebräuchlichen cylindro-ogivalen Geschossen wegen der geringeren Pulverladung noch nicht erreicht und wird neuerdings erst wieder angestrebt;

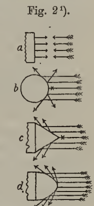
3) nach der Form des Geschosses, d. h. das Verhältnis des Längendurchschnitts zum Querdurchschnitt und das der Belastung dieses letzteren, sowie die Eigentümlichkeit des Aufbaues in bezug auf Spitze sind in Betracht zu ziehen;

4) nach dem Luftwiderstand. Die Luft ist ein Körper und hat als solcher auch Gewicht (der cbm wiegt bei 0° Cels. und 760 mm Barometerstand 1 292.6 gr.) Von diesem Körper muss das Geschoss fortwährend so viel verdrängen als sein Inhalt beträgt. Die verdrängte Luft wird zum Teil vom Geschoss zurückgeworfen, so dass sich vor ihm, entgegengesetzt seiner Bewegungsrichtung eine Luftverdichtung bildet, zum Teil fliesst sie an ihm ab, so dass von der Seite her die Luftverdichtung senkrecht zur Bewegungsrichtung auf das Geschoss drückt und Reibung verursacht. Um beide Widerstände zu überwinden, gebraucht das Geschoss Kraft, welche der fortschreitenden Geschwindigkeit verloren geht, so dass die Anfangsgeschwindigkeit in jedem Moment mehr abnimmt.

Der Geschwindigkeitsverlust des Geschosses ist aber um so grösser: je dichter die Luft ist; je grösser die Durchschnittsfläche

des Geschosses senkrecht zur Bewegungsrichtung ist und je geringer dabei das Gewicht des Geschosses, d. h. die Querschnittsbelastung wird; je grösser die Geschwindigkeit des Geschosses ist; je schwerer die Geschossspitze den Luftwiderstand überwindet; die gerade Fläche (Fig. 2 a) hat ein Maximum des Widerstandes zu erleiden, die Halbkugelspitze (Fig. 2 b) die Hälfte des Widerstandes von a, die kegelförmige Spitze (Fig. 2 c) ⅓ von a und die paraboloïdische oder ogivale Spitze (Fig. 2 d) ungefähr nur ¼ des Widerstandes von a. Man hat deshalb in neuerer Zeit den Geschossen die letztere Beschaffenheit der Spitze gegeben;

Fig. 2[1]).



5) nach der Rotation. Das Langgeschoss des gezogenen Gewehrs hat infolge der geringeren Pulverladung und der stärkeren Reibung im Laufe zwar eine etwas geringere, jedoch infolge der ihm durch den Drall der Züge mitgeteilten Rotation stätige und verhältnismässig langsam abnehmende Geschwindigkeit, während eine Rundkugel aus glattem Rohre infolge der starken Pulverladung und der geringen Reibung im Rohre zwar eine sehr bedeutende Anfangsgeschwindigkeit besitzt, welche aber infolge der Vergrösserung des Luftwiderstandes ausserordentlich rasch abnimmt.

Nach diesem Beispiel kann man das Verhältnis der Masse zur Geschwindigkeit betreffend noch weiter darauf aufmerksam machen, dass es natürlich auch nicht gleichgültig ist, in welchem Verhältnis die beiden die lebendige Kraft bildenden Komponenten zu einander stehen: es ist ein grosser Unterschied, ob die Masse oder die Geschwindigkeit den hervorragenden Anteil der lebendigen Kraft ausmacht. Bei den Geschossen ist es durchaus nicht gleich, ob ihre Kraft aus 3 × 5 oder 5 × 3 besteht, selbst wenn das Resultat jedesmal 15 betrüge [2]).

Ueberwiegt z. B. die Geschwindigkeit über die Masse, so wird die Wirkung des Geschosses sich mehr oder weniger auf die Stelle des Aufschlagens beschränken, die auf einen relativ kleinen Umfang konzentrierte Kraft wird mehr in die Tiefe des Widerstandes eindringen und denselben eher durchschlagen als wenn die Masse über

1) Nach Leitfaden für den Unterricht in der Waffenlehre in den königl preussischen Kriegsschulen.

2) Vogel, I, c, p. 15.

die Geschwindigkeit überwiegt, im letzteren Falle wird die Kraft sich mehr dem ganzen getroffenen Körper mitteilen, denselben auf grössere Ausdehnung erschüttern und zerstören, wobei natürlich je nach dem grösseren Querschnitt des Geschosses, bei gleichen Massen sich wesentliche Unterschiede geltend machen werden.

Es haben also zwei Geschosse mit gleicher lebendiger Kraft beim Durchschlagen desselben Widerstandes verschiedene Wirkung, wenn die Faktoren, aus denen sich die lebendige Kraft zusammensetzt, bei beiden Geschossen verschiedene sind. Man muss sich hüten, den Begriff der lebendigen Kraft und den der Durchschlagskraft mit einander zu verwechseln, da die erstere wiederum nur ein Hauptfaktor für die letztere ist. Das oben Gesagte findet seine Bestätigung durch die von mir angestellten Schiessversuche, deren Resultate ich in den Schusstabellen in Kapitel 3 niedergelegt habe, in welchen zugleich die Durchschlagskraft verschiedener Geschosse und Gewehre bestimmt ist.

2) Flugbahn.

Diejenige Linie, welche der Schwerpunkt des Geschosses ausserhalb der Vorrichtung, die dem Geschosse die Richtung geben soll, beschreibt, heisst die Geschossbahn oder Flugbahn.

Der Anfangspunkt der Flugbahn liegt in der Mündung der Waffe, ihr Endpunkt ist da, wo das Geschoss aufschlägt, ihr höchster Punkt heisst der Scheitel- oder Kulminationspunkt; der Teil der Flugbahn, der zwischen Anfangs- und Scheitelpunkt liegt, heisst aufsteigender Ast, der zwischen Scheitel- und Endpunkt absteigender Ast.

Die durch die Visierlinie gelegte senkrechte Ebene heisst Richtungsebene, eine durch die Mündung gelegte wagrechte Ebene schneidet die erstere in der sog. Richtungslinie.

Die senkrechte Ebene durch die Seelenachse der Waffe heisst die Schussebene.,

Der Winkel, den die Richtungslinie mit der Seelenachse bildet, heisst Abgangswinkel, der Einfallswinkel wird gebildet durch die Richtungslinie und eine an den absteigenden Ast im Endpunkt gezogene Tangente. Der Tangentenwinkel wird gebildet durch eine die Flugbahn schneidende Parallele mit der Richtungslinie und eine im Schnittpunkt an die Flugbahn gezogene Tangente. Die Flughöhe wird gebildet durch ein von

dem betreffenden Punkt der Flugbahn auf die Richtungslinie gefälltes Lot.

Die Zielhöhe wird dargestellt durch eine auf der Richtungslinie in der Richtungsebene errichtete Senkrechte von der Höhe des betreffenden Ziels, sie beträgt bei dem Kampfe gegen Infanterie 1.9 m, beim Kampf gegen Kavallerie nicht über 2.8 m.

Die Flugbahn heisst eine rasante, gestreckte, wenn sie zur Richtungslinie annähernd parallel verläuft, d. h. wenn die Scheitelhöhe der Flugbahn möglichst geringe Ausdehnung hat und ein grosser Teil der Flugbahn in der Zielhöhe bleibt.

Je grösser die Rasanz der Flugbahn ist, um so erfolgreicher wird die Geschosswirkung. Geschosse mit rasanter Flugbahn werden auf gewisse Distanzen feindliche Truppenmassen in grösserer Ausdehnung bestreichen, als Geschosse mit weniger Rasanz dies vermögen. Die Wirkung ist um so grösser, je grösser der sogenannte bestrichene oder gefährliche Raum ist; es ist dies derjenige Raum, innerhalb dessen sich das Geschoss nur in solcher Höhe über den Boden erhebt, dass es den Gegner treffen kann.

Auf diese Weise sind die massenhaften Verwundungen, welche im letzten deutsch-französischen Kriege das Chassepotgeschoss auf gewisse grosse Entfernungen bewirkte, zu erklären. Man berechnet, dass allein ein Plus von 30 000 Verwundungen auf deutscher Seite auf Rechnung der grösseren Rasanz des französischen Geschosses kommt.

Die Flugbahn ist bei allen Geschossen, welche Grösse, Gestalt und Härte sie auch haben, nach denselben Gesetzen der Bewegung geregelt. Die Lehre von der Bewegung abgefeuerter oder geworfener Körper heisst Ballistik. Die Flugbahn des Geschosses resultiert aus dem Zusammenwirken zweier Kräfte, der demselben durch die Expansivkraft der Pulvergase verliehenen Geschwindigkeit einerseits und der Anziehungskraft der Erde andererseits. Die Bahnkurve hat daher eine annähernd parabolische Gestalt.

Die Gestalt der Flugbahn ist abhängig von der Anfangsgeschwindigkeit, dem Abgangswinkel, der Schwere, dem Luftwiderstand und der Rotation.

3) Die Widerstandskraft des getroffenen Körpers.

Ausser den im Vorhergehenden angeführten Momenten ist des weiteren von grosser Wichtigkeit für das Zustandekommen von

Schusswunden der Widerstand, den der getroffene Körper dem Geschoss entgegensetzt und die Stellung desselben im Moment des Getroffenwerdens.

In letzter Linie ist der grössere oder geringere Widerstand, den ein Körper dem eindringenden Geschoss entgegensetzt, auf die mehr oder weniger dichte Anordnung der Moleküle zurückzuführen. Es ist demnach der Widerstand der getroffenen Körper ein sehr verschiedener.

Entsprechend der Zusammensetzung des menschlichen Körpers aus Geweben von sehr verschiedener Festigkeit ist der Widerstand, den derselbe an den einzelnen Stellen dem Geschosse leistet, ebenfalls ein sehr variabler. Die leicht zerreisslichen parenchymatösen Gewebe, wie Lunge, Leber und Milz oder die Gehirnsubstanz werden viel leichter zu durchdringen sein, als das festere Muskelgewebe, dieses letztere wird wiederum weniger Widerstand leisten, als das resistentere und derbere Bindegewebe, elastische und Sehnengewebe, während natürlich den weitaus grössten Widerstand das Knochengewebe zu leisten im Stande ist.

Selbstverständlich vermag eine dickere Schicht desselben Gewebes mehr Widerstand zu leisten, als eine dünnere. Ein Geschoss wird die kleine, flache Schichte der Brustmuskulatur viel leichter durchdringen, als die Masse der Wadenmuskeln.

Der Effekt der histologischen und anatomischen Anordnung wird durch physiologische Momente vermehrt. Es bleibt sich nicht gleich, ob ein Gewebe schlaff oder gespannt ist, ob der getroffene Muskel in Erschlaffung oder in Kontraktion sich befand. Der Turgor des Gewebes ist von Wichtigkeit. Schlaffe Haut und Muskulatur ist weniger widerstandsfähig, als straffes, gutentwickeltes Gewebe. Die physiologische Spannung erhöht die Resistenz der Gewebe.

Dieser Widerstand des Gewebes, welcher von dem molekularen Zusammenhang der einzelnen Teile abhängt und durch die anatomische und histologische Anordnung und physiologische Spannung desselben vergrössert wird, kommt nun dem andringenden Geschoss gegenüber in einer doppelten Weise zur Geltung, als absolute Festigkeit und als rückwirkende Kraft des Gewebes.

1) Die absolute Festigkeit ist konstant, man kann sie eigentlich als einen passiven Widerstand bezeichnen, der ja nach den Strukturverhältnissen und dem Grade der lebendigen Kraft des Geschosses mehr oder weniger leicht und zuletzt gar nicht mehr überwunden wird.

2) Die rückwirkende Kraft ist nicht konstant, sondern steht in genauem Verhältnis zur lebendigen Kraft des Geschosses. Sie bildet den eigentlichen aktiven Widerstand für die lebendige Kraft des Geschosses.

In dem Augenblick, in welchem das Geschoss auf das entgegenstehende Gewebe aufschlägt, wird es einen Teil der in ihm wirkenden lebendigen Kraft dazu verwenden, ein der aufschlagenden Fläche an Grösse entsprechendes Stück aus dem Zusammenhang mit seinen Nachbarteilen loszulösen und in der Richtung seiner Flugbahn mit fortzureissen.

Der herausgeschlagene Teil ist um so grösser, je grösser die aufschlagende Fläche des Geschosses ist, daher spitze Geschosse bei gleicher lebendiger Kraft weniger mitreissen, als breitköpfige Projektile oder Sprengstücke. Indem das Geschoss diesen herausgeschlagenen Teil auf seiner Bahn mit fortreisst, wird an die daneben und vor ihm gelegenen Moleküle durch das keilartige Vorschieben und die bohrenden Rotationsbewegungen des Geschosses ebenfalls ein Teil der lebendigen Kraft abgegeben. Die lebendige Kraft dieser Teile äussert sich nun durch Auseinanderweichen der betreffenden Moleküle. Dieselben wirken auf das anliegende Gewebe, welches sie durch dieses Zusammendrängen zunächst verdichten. Ein Teil der lebendigen Kraft dieser seitlich verdrängten Partikel wirkt dadurch indirekt auf die Oberfläche des Geschosses, der lebendigen Kraft desselben entgegen, wird aber, weil diese grösser ist, seitlich verschoben. Dieser Widerstand des Gewebes wird daher erst durch die lebendige Kraft des Geschosses erzeugt, indem jenes einen Teil von der lebendigen Kraft des Projektiles erhält, vermöge welcher es zu einer der Flugbahn des Geschosses entsprechenden Bewegung gezwungen wird oder seitlich ausweicht und dem Geschosse entgegenwirkt. Das Gewebe wird daher gewissermassen in einen aktiven Zustand versetzt und man kann demnach den Widerstand desselben als eine Kraft betrachten, welche dem Geschosse entgegenwirkt. Die Resultierende liegt aber, da die lebendige Kraft des Geschosses grösser ist, in der Richtung der letzteren, nach dem statischen Gesetze, nach welchem, wenn zwei ungleiche Kräfte in gerader Richtung auf einander wirken, die Resultierende gleich der Differenz der beiden ist und in der Richtung der grösseren liegt; wirken dieselben in einem Winkel aufeinander, so wird die Resultierende nach dem Gesetze des Parallelogrammes der Kräfte zu finden sein.

Der Widerstand des Gewebes verhält sich einem mit intensiver

Geschwindigkeit eindringenden Projektile gegenüber anders, als wenn derselbe schon bedeutend von seiner lebendigen Kraft verloren hat oder bereits matt ist. Wenn man einen Stab mit intensiver Kraft und Geschwindigkeit in einer bestimmten Richtung durch das Wasser schlägt, so fühlt man in der Hand die Kraft des Widerstandes, den das Wasser entgegenstellt. Derselbe fällt aber hinweg, wenn derselbe Stab langsam durch die Wassermasse bewegt wird. Der Widerstand ist um so grösser, je grösser die l bendige Kraft ist. Ebenso verhält es sich mit dem Widerstand der Gewebe im tierischen Körper. Derselbe wächst mit der lebendigen Kraft des Geschosses, d. h. er ist der Anfangsgeschwindigkeit gegenüber am grössten, nimmt ab mit dem Geringerwerden der lebendigen Kraft und ist beim Erlöschen derselben nur noch minimal. Die molekulare Kohärenz der Gewebe wird zuletzt vom Geschosse gar nicht mehr überwunden, weil die lebendige Kraft im Erlöschen ist. (Wahl.)

Mit dem Abnehmen der lebendigen Kraft nimmt also auch der aktive Widerstand, den die Gewebe entgegensetzen, ab, hört die lebendige Kraft auf, so wird das Gewebe wegen seiner absoluten Festigkeit, die man dem Geschoss gegenüber als ein passives Hindernis betrachten kann, nicht mehr durchdrungen. Es dürfte also die Ansicht, die frühere Autoren aussprachen, als ob der Widerstand der Gewebe im Verhältnis zu der Abnahme der lebendigen Kraft stetig wachse, so dass derselbe bei der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses am geringsten sei, mit der Abnahme der lebendigen Kraft immer grösser werde, bis er dieselbe zuletzt überträfe, als unrichtig zu bezeichnen sein. Einen evidenten Beweis hiefür liefern die später zu besprechenden Versuche mit Schüssen in Wasser.

Der dem Geschoss in gerader Richtung entgegenwirkende Widerstand vermindert dessen fortschreitende Bewegung und vernichtet sie allmählich durch quantitative und qualitative Steigerung der Widerstände. Durch den Einfluss eines seitlichen Widerstandes wird die konische Pendelung der Geschossaxe grösser, der Winkel des Rotationskegels und die Rotationskreise nehmen an Umfang zu und führen so zum schliesslichen Erlöschen der lebendigen Kraft des Geschosses.

Der seitlich auf das Geschoss wirkende Widerstand ist die Ursache der Ablenkung des Geschosses von seiner Bahn (Derivation). Trifft das Geschoss auf seiner Flugbahn ausserhalb des menschlichen Körpers auf einen seitlichen Widerstand, so weicht es von derselben ab, es rikoschettiert beim Vorhandensein eines gewissen Grades von

Elastizität und zwar nach einem statischen Gesetz unter demselben Winkel unter dem es aufschlug, trifft das Geschoss jedoch innerhalb des menschlichen Körpers plötzlich auf einen intensiven seitlichen Widerstand, so erfährt es die mannigfachsten Ablenkungen, wie die vielfachen Modifikationen in der Richtung der Schusskanäle bezeugen. Ausserdem erleidet das Geschoss nach dem Gesetze, nach welchem Körper beim Eindringen aus minder dichten in dichtere Medien durch Verminderung ihrer Geschwindigkeit ihre Bahn ändern, durch den anhaltenden seitlichen Druck und Widerstand des Gewebes allmählich eine mehr oder weniger bedeutende Ablenkung von seiner ursprünglichen Bahn. So fand man bei Schiessversuchen mit grossen Langgeschossen (Artillerie), dass die unter einem stumpfen Winkel in die Erde geschossenen Projektile nicht in der Verlängerung der ursprünglichen Flugbahn eindringen, sondern infolge des andauernden einseitigen Drucks der anliegenden Erdschichten nach oben abweichen, so dass sie schliesslich mit nach oben gerichteter Spitze stecken bleiben. Aehnliches fand Wahl [1]) beim Schiessen mit langen Gewehrprojektilen unter stumpfem Winkel auf dicht zusammengelegte Pappscheiben. Am Ende des Schusskanals befand sich eine nach oben gerichtete höhlenartige Ausbuchtung, in welcher sich das Geschoss mit der Spitze nach oben befand. Ich habe auch bei Schüssen in Wasserkasten beobachtet, dass die Geschosse beim Vordringen in Wasser oft die normale Geschossbahn nicht einhalten, sondern mit ihrer Spitze gegen oben gerichtet, aus dem Wasserkasten hinausgeschleudert werden. Im menschlichen Körper weicht das Geschoss oft infolge des seitlichen Widerstandes, den ihm derbere Gewebe entgegensetzen, nach der Richtung leichter zu durchdringender ab; auf diese Weise kommen die merkwürdigsten Abweichungen in der Richtung der Schusskanäle zu Stande.

Schliesslich hängt der Widerstand, den der getroffene Körper leistet, noch von dem Winkel ab, unter welchem das Ziel getroffen wird. Steht die Richtungslinie der Flugbahn des Geschosses zu der Oberfläche des getroffenen Teiles in fast paralleler Richtung, so spricht man von Streifschuss, das Geschoss wirkt hiebei nur mit einem kleinen Teil seines Querdurchmessers, aber mit dem grössten seines Längsdurchmessers ein. Ist die Eindringungstiefe bei rechtwinkligem Auftreffen z. B. = 1, so wäre sie für dasselbe Geschoss,

1) Langenbeck's Arch. Bd. XVI. S. 57.

wenn es mit gleicher Endgeschwindigkeit gegen dasselbe Ziel unter einem Winkel von 70° gegenschlüge, der Rechnung nach = 0.939, bei 60° = 0.866, bei 50° = 0.766, bei 40° = 0.643, bei 30° = 0.5, bei 20° = 0.342, bei 10° gar nur = 0.174 [1]). Die Widerstandsenergie der Gewebe tritt mehr hervor, wenn der Einfallswinkel ein stumpfer ist, und die Kraft des einschlagenden Geschosses ist um so weniger von Effekt, je grösser sein Einfallswinkel ist.

Schliesslich ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Widerstandskraft der Gewebe und den dadurch bedingten Verlauf des Schusskanals, in welchen Stellungen sich die betreffenden Glieder oder der ganze Körper im Moment des Getroffenwerdens befand. Durch gewisse Bewegungen erfahren manche Teile des Körpers eine Lageveränderung und die einzelnen Phasen der Bewegung bieten dem Geschosse verschiedene Widerstände dadurch, dass Gelenke anders gestellt sind, Sehnen und Muskeln in Spannung sich befinden oder erschlafft sind. Manche Organe im Innern des Körpers verändern bei der Funktionierung mehr oder weniger ihre Lage, es zeigt daher die Richtung der Schusskanäle oft die merkwürdigsten Verlaufsarten. Bei der Untersuchung derartiger Schussverletzungen empfiehlt es sich deshalb, zur besseren Würdigung des Verlaufes des Schusskanales, den Verletzten womöglich die Stellung, in der er getroffen wurde, einnehmen zu lassen.

---

1) Richter, Kriegschirurgie p. 18.

Drittes Kapitel.

Schiessversuche auf Holz, Eisenplatten, Brustwehren aus Erde und auf Leichen.

Bevor ich zu den eigentlichen Versuchen übergehe, will ich, um einen Massstab für die Leistungsfähigkeit des zu denselben hauptsächlich benützten japanischen Ordonnanzgewehres zu geben, dasselbe mit einem zu Schiessversuchen schon häufig benützten und deshalb bekanntern Gewehre, dem Mausergewehr M 71/84 vergleichen und ich gebe zu diesem Zweck zuerst eine vergleichende Tabelle der den Arzt interessierenden Eigenschaften der beiden Gewehre; in dieselbe Tabelle ist auch das neueste von Mauser konstruierte kleinkalibrige Gewehr aufgenommen, welches bei den nachstehenden Versuchen mit benutzt worden ist. Bei diesen Versuchen sind die Wirkungen der Geschosse beim Schiessen auf verschiedene Holzarten und Eisenplatten von verschiedener Dicke in Vergleich gezogen.

	Japan. Infanterie-gewehr	Deutsch. Infanterie-gewehr M 71/84	Neuestes Mauser-gewehr
Art des Gewehres	Hinter- u. Einzellad.	Hinter- u. Mehrlader	Hinter- u. Mehrlader
Patrone	Einheits-Metallpatr.	Einheits-Metallpatr.	Einheits-Metallpatr.
Material d. Gesch.	Blei	Blei	Nickelmantel mit Bleikern
Gewicht d. Gesch.	27 gr	25 gr	14.2 gr
Kaliber d. Gesch.	11 mm	11 mm	8 mm
Länge d. Geschoss.	30 mm	28.5 mm	30 mm
Pulverladung	5.3 gr	5 gr	3 gr
Geschwindigkeit			
bei 25 m Distanz	425 m (248.5)	440 m (246.7)	605 m (265)
» 100 m »	375.5 m (194.5)	390 m (193.8)	529 m (205)
» 300 m »	315.2 m (135)	313 m (124.8)	—
» 600 m »	264.1 m (89)	253 m (81.54)	—
» 900 m »	224.2 m (69)	218 m (60.56)	—
» 1200 m »	189.4 m (49)	195 m (48.44)	199 m (28.6)

Die Zahlen in Klammern geben die lebendige Kraft an. Die Daten für Geschwindigkeit und lebendige Kraft der deutschen Ge-

schosse sind der Angabe Reger's [1]) entnommen, während ich die des japanischen Geschosses der gütigen Mitteilung des japanischen Marineoffiziers Herrn Kapitän M. Yamanouchi verdanke, dem ich an dieser Stelle hiefür, sowie für die Berechnung der abgebrochenen Pulverladung für verschiedene Distanzen meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Die Daten und die später anzuführenden Versuchsresultate auf Holz und Eisenplatten für das 8 mm Mauser-Gewehr verdanke ich der Güte meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. P. Bruns, bei dessen Schiessversuchen ich immer anwesend sein durfte.

Vergleichende Schiessversuche mit japanischem und deutschem Infanteriegewehr bei 12 m Distanz.

I. Auf trockenes Eichenholz senkrecht zur Faserrichtung.

Nr.	Geschossart	Zurückgelegter Weg	Durchnittszahl	Deformation
1	Japan. Infant.-Gewehr	12 cm	10.5	bis zum Klumpen
2	» »	10.5 »		» » »
3	» »	9 »		» » »
4	Deutsch. Infant.-Gewehr	12 »	11.25	» » »
5	» »	10.5 »		» » »

II. Auf frisches Buchenholz senkrecht zur Faserrichtung.

Nr.	Geschossart	Zurückgelegter Weg	Durchnittszahl	Deformation
6	Japan. Infant.-Gewehr	8 cm	8 cm	stark
7	Deutsch. Infant.-Gewehr	7 »	7 »	stark

III. Auf trockenes Buchenholz senkrecht zur Faserrichtung.

Nr.	Geschossart	Zurückgelegter Weg	Durchnittszahl	Deformation
8	Japan. Infant-Gewehr	9.5 cm	9.5 cm	stark
9	Deutsch. Infant.-Gewehr	9.5 »	9.5 »	stark

IV. Auf trockenes Buchenholz in der Faserrichtung.

Nr.	Geschossart	Zurückgelegter Weg	Durchnittszahl	Deformation
10	Japan. Infant.-Gewehr	18 cm	14 cm	Zum Klumpen
11	» »	10 »		Hutform
12	Deutsch. »	10 »	9.5 »	stark plattgedrückt
13	» »	10 »		stark deformiert
14	» »	8.5 »		Hutform

V. Auf trockenes Tannenholz senkreckt zur Faserrichtung.

Nr.	Geschossart	Zurückgelegter Weg	Durchnittszahl	Deformation
15	Japan. Infant-Gewehr	21 cm	22.5 cm	Zum Klumpen
16	» »	24 »		» »
17	Deutsch. »	21 »	22.25 »	» »
18	» »	23.5 »		» »

1) Deutsche militärärztliche Zeitschrift XVI, p. 154.

VI. Auf 2 mm dicke Walzeisenplatten.

Nr.	Geschossart	Zahl der durchgeschossenen Platten	Durchmesser der Perforationsöffnung in					Deformation
			Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV	Platte V	
19	Japan. Inf.-Gew.	3	17:19 mm	20 mm	25 mm	starker Eindruck		zerstückelt
20	dto.	4	perforiert	perforiert	perforiert	perforiert	Eindruck	dto.
21	Deutsches Inf.-Gew.	3	20 mm	22 mm	23:28 mm	leichter Eindruck		dto.
22	dto.	2	16:22 mm	25 mm	bedeut. Ausbucht.			dto.

VII. Auf zwei 4 mm dicke und eine 2 mm dicke Walzeisenplatte.

23	Japan. Inf-Gew.	Die beiden 4 mm dicken Platten durchgeschlagen, auf der dritten Eindruck.
24	Deutsches Inf-Gew	Die beiden 4 mm dicken Platten durchgeschlagen, auf der dritten Eindruck.

Die Eisenplatten standen, wie auch in den später folgenden ähnlichen Versuchen, in einem eisernen Kasten hinter einander in einer Entfernung von je 5 cm.

VIII. Auf eine Walzeisenplatte von 16 mm Dicke.

Nr.	Geschossart	Eindruck mit		Deformation
		Tiefe	Durchmesser	
25	Japan. Infant.-Gewehr	2 mm	12:13 mm	zerstückelt
26	Deutsches Infant.-Gewehr	2 »	12:13 »	»

Man ersieht aus den vorstehenden Tabellen, dass die **Leistungsfähigkeit der beiden Gewehre im allgemeinen gleich ist**, ich habe deshalb zu meinen weiteren Versuchen mit grosskalibrigen Geschossen ausschliesslich das japanische Infanterie-Gewehr verwendet.

In den folgenden Tabellen habe ich das Bleigeschoss 11 mm, das Kupfermantelgeschoss 11 mm, das Stahlmantelgeschoss 11 mm und das Nickelmantelgeschoss 8 mm in Hinsicht auf ihre Durchschlagskraft vergleichend nebeneinandergestellt.

I. Schüsse auf frisches Buchenholz in der Faserrichtung bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
27	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	10 cm	10.5 cm	Hutform Breite 21 mm
28	» »	248.5 »	10 »		» » 20 »
29	» »	248.5 »	10 »		» » 22 »
30	» »	248.5 »	12 »		» » 21 »
31	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	37 »	35.0 »	nicht deformiert
32	» »	248.5 »	34.5 »		» »
33	» »	248.5 »	32 »		» »
34	» »	248.5 »	36.8 »		» »
35	Japan. Kupferm. 11 mm	248.5 »	31.5 »	33.0 »	» »
36	» »	248.5 »	31 »		» »
37	» »	248.5 »	29.5 »		» »
38	» »	248.5 »	36.8 »		» »
39	Mauser Nickelm. 8 mm	265 »	68 »	68.0 »	» »
40	» »	265 »	63.5 »		» »
41	» »	265 »	69 »		» »
42	» »	265 »	68.5 »		» »

Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich, dass der zurückgelegte Weg, bei annähernd gleicher lebendiger Kraft, bei den Kupfer- und Stahlmantelgeschossen 3 mal, bei den Nickelmantelgeschossen 6 mal so gross ist, als bei Bleigeschossen.

Was die Deformation betrifft, so zeigte sich bei den Bleigeschossen eine Umkrempelung bis zur Hutform und über dieselbe hinaus, während Stahl-, Kupfer- und Nickelmantelgeschosse gar nicht deformiert waren.

Schusskanal und Geschosslager waren in allen Fällen völlig frei von Versengung. Die bei Stahlmantelgeschossen beobachtete dunkle Verfärbung des Lagers war, wie auch Reger konstatiert hat, bei der Untersuchung mit Oxalsäure auf eine durch die Berührung des Stahlmantels mit der Gerbsäure des Buchenholzes herbeigeführte Tintenfärbung zurückzuführen.

II. Schüsse auf trockenes Buchenholz in der Faserrichtung bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
43	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	10 cm	9.25 cm	Hutform Breite 20 mm
44	» »	248.5 »	8.5 »		» » 21 »
45	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	31 »	31 »	nicht deformiert
46	» »	248.5 »	31 »		» »
47	Mauser Nickelm. 8 mm	265 »	56 »	55.75 »	» »
48	» »	265 »	55.5 »		» »

Die Versuche mit Kupfermantelgeschossen wurden nicht wiederholt, da sie, wie Tabelle I zeigt, in ihren Ergebnissen fast vollständig mit denen mit Stahlmantelgeschossen übereinstimmen. Im übrigen zeigen Blei-, Stahlmantel- und Nickelmantelgeschosse dieselben Verhältnisse in Beziehung auf die Länge des zurückgelegten Weges wie in Tabelle I. Zu den Versuchen wurde ganz altes, trockenes Buchenholz, das schon zu Bauzwecken verwendet worden war, gebraucht. Das Lager von Stahl- und Nickelmantelgeschossen zeigte in einigen Fällen eine dunkle Verfärbung, die nicht, wie bei den oben erwähnten Versuchen, auf chemische Einwirkung zurückzuführen war, sondern offenbar durch Hitzeeinwirkung hervorgerufen war.

III. Schüsse auf trockenes Buchenholz senkrecht zur Faserrichtung bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
49	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	9.5 cm	9.5 cm	stark deformiert
50	» »	248.5 »	9.5 »		» »
51	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	26.0 »	26 »	etwas abgeplattet
52	Mauser Nickelm. 8 mm	265 »	60 »	54 »	nicht deformiert
53	» »	265 »	48.0 »		» »

Das zu den Versuchen in Tabelle II verwendete Holz wurde beibehalten. Dem grösseren Widerstand der quergetroffenen Faser entsprechend, ist der zurückgelegte Weg bei den Versuchen dieser Tabelle ein kürzerer, die Längen desselben bei Blei-, Stahlmantel- und Nickelmantelgeschossen stehen annähernd im selben Verhältnis zu einander, wie bei den vorhergehenden Versuchen. Das Lager bei Stahl- und Nickelmantelgeschossen zeigt keine sicheren Spuren von Versengung.

Was die Form des Schusskanals betrifft, so ist dieselbe bei Schüssen mit Mantelgeschossen auf Holz in der Faserrichtung und senkrecht zu derselben immer cylindrisch, dagegen zeigt sich, dass bei Schüssen mit Bleiprojektilen senkrecht zur Faserrichtung der Schusskanal vom Einschuss zum Lager immer an Breite zunimmt, also kegelförmig wird. Beim Schiessen auf Holz mit gleichmässiger glatter Faserung gelang es, einen Schusskanal von regelmässiger Kegelform zu erzielen. Die Spitze des Kegels liegt an der Einschussöffnung, die Basis desselben am Lager des pilz- oder hutförmig deformierten Geschosses und wird gebildet durch Lamellen von losgerissenen und zusammengepressten Holzfasern; an den den Schuss-

kanal nach oben und unten begrenzenden Wänden sind die Holzfasern scharf und glatt abgerissen, als wären sie mit dem Meissel durchtrennt, die seitlichen Wände werden durch Holzlamellen gebildet, welche nur noch wenig mit ihrer Unterlage zusammenhängen.

Das Hauptmoment für das Zustandekommen des kegelförmigen Schusskanals liegt in der Deformation der Kugel, dasselbe wird begünstigt durch Schüsse senkrecht zur Faserrichtung, indem die abgerissenen Holzfasern vor dem Geschoss hergedrängt werden und so die folgenden Fasern in immer grösserer Ausdehnung abreissen.

IV. Schüsse auf trockenes Eichenholz senkrecht zur Faserrichtung bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
54	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	12 cm		Klumpen
55	» » »	248.5 »	10.5 »	10.5 cm	»
56	» » »	248.5 »	9 »		»
57	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	36.5 »		nicht deformiert
58	» » »	248.5 »	33 »	34 »	» »
59	» » »	248.5 »	33 »		» »
60	Mauser, Nickelm. 8 mm	265 »	50.5 »	50.5 »	Mantel geplatzt

Im allgemeinen stehen auch hier die Längen der von den verschiedenen Geschossen zurückgelegten Wege im selben Verhältnis zu einander, wie in den früheren Versuchen. Die verhältnismässig geringere Länge des Schusskanals bei dem Nickelmantelgeschoss ist wohl auf einen zufälligen grösseren Widerstand in Gestalt eines Astes zurückzuführen, worauf auch der geplatzte Mantel hinweist. Keiner der Versuche liefert ein typisches Bild eines kegelförmigen Schusskanals. In einigen Fällen waren Spuren von oberflächlicher Versengung im Lager des Geschosses zu bemerken.

V. Schüsse auf trockenes Tannenholz senkrecht zur Faserrichtung bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
61	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	21 cm	22.5	stark deformiert
62	» » »	248.5 »	24 »		» »
63	Japan Stahlm. 11 mm	248.5 »	60 »	68	nicht deformiert
64	» » »	248.5 »	76 »		» »
65	Mauser. Nickelm 8 mm	265 »	114 »	110.5	» »
66	» » »	265 »	107 »		» »

Auch bei Tannenholz dasselbe Verhältnis zwischen den Längen der zurückgelegten Wege. Nur in einem Fall zeigte das Lager

eines Stahlmantelgeschosses Spuren von Versengung, das Geschoss war dicht neben einem Ast stecken geblieben. Die Schusskanäle nahmen alle von der Einschussöffnung zum Geschosslager an Breite zu, in einigen Fällen zeigte sich ein ebenso typisches Bild eines kegelförmigen Schusskanals, wie der in Tabelle III beschriebene. (Tafel IV. Fig. 1.)

VI. Schüsse auf 2 mm dicke Walzeisenplatten bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebend. Kraft	Zahl der durchgeschoss. Platten	Durchmesser der Perforationsöffnung in:				
				Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV	Pl. V
67	Japan Blei 11 mm	248.5 kg	3	17:19 mm	20 mm	25 mm	starker Eindruck	
68	Jap. Stahlm. 11 mm	248.5 »	3	17 »	17:18 »	20 »	dto.	
69	Jap. Kupfermant. 11 mm	248.5 »	3	17 »	22:25 »	20:35 »	leichter Eindruck	
70	Maus. Nickelmant. 8 mm	265 »	3	9 »	17 »	perforiert	stärkerer Eindr. mit Fissur	
71	dto.	265 »	4	perforiert	perforiert	perforiert	perforiert	leicht. Eindruck
72	dto.	265 »	4	9 »	17 »	26 »	24:26 mm	dto.

In allen Fällen war das Geschoss, sowohl das Blei wie das Mantelgeschoss, in viele Stücke zersplittert, welche man in einer unter dem Kasten angebrachten Schieblade auffieng.

Das Schussloch in der 1. Platte ist das kleinste und wird bei jeder folgenden Platte grösser, die letzte Platte zeigt in der Regel nur einen Eindruck. Umgekehrt ist der Substanzverlust bei der 1. Platte am grössten und wird bei jeder folgenden kleiner; infolge dessen zeigt das Loch der 1. Platte einen scharfen, nur wenig nach hinten umgebogenen Rand mit wenigen und kurzen Fissuren, während der Rand der folgenden Platten mehr und mehr trichterförmig nach hinten gestülpt und sogar aufgerollt ist, so dass bei der letzten der durchschlagenen Platten oft durch Wiederumbiegen der Ränder das Schussloch wieder vollständig geschlossen werden kann. Blei-, Stahlmantel- und Kupfermantelgeschosse verursachen eine ziemlich gleich grosse Perforation der ersten (17—19 mm) und der folgenden Platten, während das Nickelmantelgeschoss die erste Platte mit einem verhältnismässig sehr kleinen und glatten Loch durch-

bohrt (9 mm), doch ist schon bei der 2. Platte das Resultat des Nickelmantelgeschosses dem der anderen annähernd, und bei der 3. Platte ganz gleich.

VII. Schüsse auf 3 hintereinander gestellte Eisenplatten, die beiden ersten von je 4 mm, die dritte von 2 mm Dicke, mit 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Resultat
73	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	Die beiden 4 mm dicken Platten durchgeschossen, auf der dritten Eindruck.
74	Mauser Nickelm. 8 mm	265 »	Alle 3 Platten durchgeschossen und auf der hinteren Wand des Eisenkastens Eindruck.

VIII. Schüsse auf eine Walzeisenplatte von 8 mm Dicke, dahinter 3 von je 2 mm, bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zahl d. durchgeschossenen Platten	Durchmesser der Perforationsöffnung in:			
				Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV
75	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	1	23 mm	tiefer Eindruck		
76	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	1	18 »	leichter Eindruck		
77	Maus. Nickelm. 8 mm	265 »	3	12 »	perforiert	perforiert	Eindruck
78	dto.	265 »	2	12 »	26 mm	starker Eindruck mit Fissur	
79	dto.	265 »	2	15 »	20 »	Eindruck	

IX. Schüsse auf eine Walzeisenplatte von 16 mm Dicke, bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Resultat:
80	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	Seichter Eindruck von ca 2 mm Tiefe mit radiär strahlendem Bleiglanz
81	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	Ganz seichter Eindruck von ca 1 mm Tiefe.
82	Maus. Nickelm. 8 mm	265 »	Eindruck von der Tiefe von 5 mm und dem Durchmesser von 13 mm, ganz scharfrandig, Grund mit Bleiglanz.

X. Schüsse auf Guss-Eisenplatten von 12 mm Dicke, bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Resultat:
83	Japan. Blei 11 mm	248.5 kg	Auf der Platte ganz seichter Eindruck, von da aus Y-förmige Bruchlinien, welche die Platte ganz in 3 Stücke trennen. Um den Eindruck als Zentrum sieht man eine Kreisfissur von 8 cm Durchmesser, welche teilweise auch auf der Hinterfläche sichtbar ist.
84	Japan. Stahlm. 11 mm	248.5 »	Auf der Platte seichter Eindruck von 10 mm, von demselben gehen 5 radiäre Bruchlinien aus. Um den Eindruck als Zentrum verläuft eine kreisförmige Bruchlinie mit einem Durchmesser von 8 cm. Durch letztere und die radiären Strahlen wird die Platte in 5 Stücke geteilt.
85	Maus. Nickelm. 8 mm	265 »	Kreisrunde, scharfrandige Perforation, glatt durchgeschlagen mit einem Einschuss von 11 mm und Ausschuss von 14 mm, vom Rande des letzteren ringsum ganz dünne Schichte losgerissen, mit einem Durchmesser von etwa 28 mm.

Es ergibt sich somit, dass bei den Schüssen auf Walzeisenplatten das Bleigeschoss im allgemeinen dieselben Resultate zeigt, wie das Stahl- und Kupfermantelgeschoss; etwas in der Wirkung überlegen zeigt sich das kleinkalibrige Nickelmantelgeschoss, doch ist der Unterschied den andern Geschossen gegenüber bei weitem nicht so gross, wie bei den Schüssen auf Holz. In allen Fällen war bei den verschiedenen Geschossen eine wesentlich gleich grosse Zersplitterung und Zerstückelung zu bemerken, und steht das wohl mit der Aehnlichkeit in der Wirkung der verschiedenen Geschosse in ursächlichem Zusammenhang. Es kommt offenbar bei den Schüssen auf Walzeisenplatten nicht so sehr auf Unterschiede in der Härte der Geschosse an, sobald diese überhaupt deformiert werden, sondern wesentlich ausschlaggebend scheint das kleinere Kaliber zu sein, darauf weist der Umstand hin, dass bei den grosskalibrigen Blei- und Stahlmantelgeschossen das Verhältnis zwischen Kaliber und Durchmesser der Perforationsöffnung der 1. Platte ein viel ungünstigeres (11 : 17) ist, als beim kleinkalibrigen Nickelmantelgeschoss (8 : 9).

Ein noch grösserer Unterschied in der Wirkung der verschiedenen Kaliber ist bei den Schüssen auf Guss-Eisenplatten zu bemerken. Während das Nickelmantelgeschoss die Platte durchbohrte, konnten Stahlmantel- und Bleigeschoss nur einen Eindruck auf der Platte hervorbringen und dieselbe durch die Erschütterung in grösserem Umfange zersprengen.

XI. Schüsse auf Erdwälle bei 12 m Distanz.

Nr.	Geschossart.	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation.
86	Japan. Blei 11 mm	30 cm	32.5 cm	stark deformiert
87	» » »	35 »		sehr stark deformiert
88	Japan. Stahlmantel 11 mm	70 »	60 »	etwas deformiert
89	» » »	50 »		» »
90	» » »	60 »		Mantel geplatzt

Die Erdwälle waren frisch aufgeworfen und von den in den Schiessvorschriften für die deutsche Infanterie angegebenen Dimensionen.

XII. Schüsse auf trockenes Tannenholz senkrecht zur Faserrichtung in verschiedenen Distanzen.

1) Bei 100 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
91	Japan. Blei 11 mm	194.5 kg	19.5 cm	15 cm	stark gestaucht
92	» » »	194.5 »	10 »		sehr stark gestaucht
93	Japan. Kupferm. 11 mm	194.5 »	46 »	43 »	nicht deformiert
94	» » »	194.5 »	40 »		» »
95	Mauser. Nickelm. 8 mm	204.6 »	51 »	58 »	» »
96	» » »	204.6 »	55 »		» »
97	» » »	204.6 »	67 »		» »

2) Bei 300 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
98	Japan. Blei 11 mm	135 kg	11 cm	10.25 cm	gestaucht
99	» » »	135 »	9.5 »		stark gestaucht
100	Japan. Kupferm. 11 mm	135 »	27 »	24.5 »	nicht deformiert
101	» » »	135 »	22 »		» »

3) Bei 900 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
102	Japan. Blei 11 mm	69 kg	5.5 cm	5.5 cm	leicht gestaucht
103	» » »	69 »	5.5 »		» »
104	Japan. Kupferm. 11 mm	69 »	15.5 »	12.25 »	nicht deformiert
105	» » »	69 »	9 »		» »

4) Bei 1200 m Distanz.

Nr.	Geschossart	Lebendige Kraft	Zurückgelegter Weg	Durchschnittszahl	Deformation
106	Japan. Blei 11 mm	49 kg	4 cm	5 cm	leicht gestaucht
107	» » »	49 »	5.5 »		Spitze ganz leicht gestaucht u verdickt
108	» » »	49 »	5 »		gestaucht
109	Japan. Kupferm. 11 mm	49 »	11 »	10 »	nicht deformiert
110	» » »	49 »	9 »		» »
111	Mauser. Nickelm. 8 mm	28.6 »	14 »	14 »	» »

Die folgende Tabelle gibt eine vergleichende Zusammenstellung der zurückgelegten Wege der 3 Projektile.

Distanz	Blei 11 mm	Stahlmantel 11 mm	Blei 11 mm	Mauser 8 mm	Stahlmantel 11 mm	Mauser 8 mm
12	1	3	1	6	1	2
100	1	3	1	4	1	1.4
300	1	2.4				
900	1	2.4				
1200	1	2	1	2.8	1	1.4

Während also das Stahlmantelgeschoss auf ganz kurze Entfernung einen 3mal so grossen zurückgelegten Weg aufweist, als das Bleigeschoss, wird bei 1200 m die Differenz auf das Doppelte reduziert. Der Unterschied in der Wirkung beider Geschosse ist also durchaus auf Rechnung der Deformation des Bleigeschosses zu schreiben, mit dem Abnehmen derselben bei grossen Entfernungen hebt sich die Leistungsfähigkeit des Bleigeschosses mehr auf die Höhe der der anderen Geschosse. Ein noch grösserer Unterschied bezüglich der Leistung aus der Nähe und aus grosser Entfernung macht sich beim Vergleichen von Blei- und Nickelmantelgeschoss bemerklich. Während bei 12 m das letztere 6mal in der Wirkung überlegen ist, ist bei 1200 m der zurückgelegte Weg kaum doppelt so gross. Die verhältnismässige Zunahme der Leistungsfähigkeit des Bleigeschosses ist in diesem Falle nicht allein durch das Geringerwerden seiner Deformation, sondern auch durch die relativ grosse Abnahme der lebendigen Kraft bei dem kleinkalibrigen Nickelmantelgeschoss bedingt; als Beweis für die letztere Annahme kann die relative Zunahme der Leistungsfähigkeit des Stahlmantelgeschosses dem Nickelmantelgeschoss gegenüber bei den Schüssen aus grossen Entfernungen dienen. Mit andern Worten, während das Bleigeschoss dem Stahlmantelgeschoss gegenüber bei 1200 m seine Leistungsfähigkeit um $^1/_3$ derjenigen bei 12 m gesteigert hat, ist die Zunahme seiner Leistungsfähigkeit dem Nickelmantelgeschoss gegenüber $^2/_3$, es ist also $^1/_3$ auf Rechnung der Deformation und $^1/_3$ auf Rechnung der lebendigen Kraft zu schreiben.

XIII. Schüsse auf 2 mm dicke Walzeisenplatten, bei verschiedenen Distanzen.

1) Mit japan. Blei 11 mm.

Nr.	Distanz in m	Lebend. Kraft	Zahl der durchgeschoss. Platten	Durchmesser der Perforationsöffnung in				
				Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV	Platte V
112	1200	49 kg	0	Eindruck				
113	900	69 »	0	»				
114	600	89 »	0	»				
115	600	89 »	0	»				
116	300	135 »	0	tiefer Eindruck				
117	300	135 »	0	tiefer Eindruck				
118	100	194.5 »	2	18 mm	24 mm	Eindruck		
119	100	194.5 »	2	perforiert	perforiert	Eindruck		
120	12	248.5 »	3	17:19 mm	20 mm	25 mm	starker Eindruck	

2) Mit japan. Kupfermantel 11 mm.

Nr.	Distanz in m	Lebend. Kraft	Zahl der durchgeschoss. Platten	Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV	Platte V
121	900	69 kg	0	leichter Eindruck				
122	300	135 »	1	16:20 mm	tiefer Eindruck			
123	100	194.5 »	2	17 »	25:27 mm	Eindruck		
124	12	248.5 »	3	17 »	22:25 »	20:35 mm	Eindruck	

3) Mit Mauser. Nickelmantel 8 mm.

Nr.	Distanz in m	Lebend. Kraft	Zahl der durchgeschoss. Platten	Platte I	Platte II	Platte III	Platte IV	Platte V
125	1200	28.6 kg	0	Eindruck				
126	700	64.3 »	1	18 mm	Eindruck			
127	700	64.3 »	1	21 »	»			
128	400	108 »	2	14:15 »	25 mm	Eindruck		
129	100	204.6 »	3	perforiert	perforiert	perforiert	Eindruck	
130	12	265 »	4	»	»	»	perforiert	Eindruck

Es hat sich auch bei den Schüssen auf Walz-Eisenplatten aus verschiedenen Entfernungen, abgesehen von der etwas grösseren Leistungsfähigkeit des Nickelmantelgeschosses ein wesentlicher Unterschied in der Wirkung der 3 Projektile nicht ergeben. Bemerkenswert ist noch die exquisit strahlenförmige Deformation des Bleigeschosses bei den Schüssen aus 1200—600 m Entfernung (siehe Tafel I, Fig. 22 und 23). Bei 300 m und kürzeren Distanzen ist eine ähnliche strahlige Gestaltung des Geschosses nie bemerkt worden, es fehlten in diesen Fällen durchgehends die Randstrahlen, welche durch

die grössere lebendige Kraft vollends abgesprengt wurden, jedoch weist der scharfe, feingezackte Rand, den das deformierte Geschoss bei 600 m zeigt, darauf hin, dass die Absprengungen bei kürzeren Distanzen lediglich auf mechanischem Weg, nicht durch Abschmelzung zustande kamen.

Als Schluss der mit den 3 verschiedenen Geschossen angestellten Schiessversuche auf Holz, Eisenplatten und Erdwälle will ich die Resultate, zu welchen ich gekommen bin, kurz rekapitulieren.

Die Versengung durch das Geschoss betreffend fand sich, dass Spuren einer solchen bei frischem Holz nie beobachtet wurden, ebensowenig wie bei trockenem Weichholz. Um eine geringe, durch Hitzeeinwirkung bedingte Verfärbung des Geschosslagers herbeizuführen, bedurfte es völlig trockenen Hartholzes und nicht deformierender Mantelgeschosse; bei Bleigeschossen wurden nie Spuren von Versengung wahrgenommen, ebenso war in allen Fällen der Schusskanal völlig frei von solchen. Eine Hitzeeinwirkung auf das getroffene Holz findet also nur statt, wenn das letztere hart und trocken ist, das erhitzte Geschoss genügende Härte aufweist und genügend Zeit hat, auf seine Umgebung einzuwirken.

Was die Kegelform des Schusskanals anlangt, so wird dieselbe bei Schüssen auf Holz in typischer Weise nur durch das deformierende Bleigeschoss beim Schuss senkrecht zur Faserrichtung hervorgerufen. Der Umstand, dass die die Spitze des Kegels bildende Einschussöffnung meist kleinere oder höchstens ebenso grosse Dimensionen zeigt, als das Kaliber des Geschosses, weist darauf hin, dass das Geschoss im Moment des Auftreffens noch nicht deformiert und erst bei seinem Weiterdringen allmählich zu dem Grade der Deformation gelangt, den das ruhende Geschoss im Lager zeigt.

Die Deformation wächst im umgekehrten Verhältnis der Entfernung, aus welcher geschossen wird. Im Tannenholz z. B. deformiert sich ein aus 12 m abgefeuertes Geschoss über die Hutform hinaus, während dasselbe bei 1200 m nur leicht an der Spitze gestaucht ist.

Wie sich aus der vergleichenden Zusammenstellung der 3 Projektile zeigt, ist bei 12 m Distanz das Verhältnis der zurückgelegten Wege des Blei-, Stahlmantel- und Nickelmantelgeschosses 1 : 3 : 6, bei 1200 m dagegen 1 : 2 : 2.8.

Der einzige Unterschied nun zwischen Blei- und Stahlmantelgeschoss liegt in ihrer verschiedenen Härte, es muss deshalb die dreimal grössere Leistungsfähigkeit des Stahlmantelgeschosses dem

Bleigeschoss gegenüber bei 12 m Distanz auf Rechnung der Deformation des letzteren geschrieben werden. Die lebendige Kraft, die in jedem qmm der auftreffenden Fläche eines hutförmig deformierten Bleigeschosses wirkt, beträgt nach untenstehender Berechnung 1.47 kgm [1]), während dieselbe in jedem qmm der auftreffenden Fläche eines sich nicht deformierenden Stahlmantelgeschosses mit 5.88 kgm wirkt. Nach dieser Berechnung müsste die lebendige Kraft des Stahlmantelgeschosses 4mal grösser sein, in der That ist sie, wie sich aus den Versuchen ergibt, 3mal grösser als die des Bleigeschosses.

Wie kann man es nun aber erklären, dass die Leistungsfähigkeit des Nickelmantelgeschosses bei 12 m eine 2mal grössere ist als die des Stahlmantelgeschosses, da beide Geschosse nicht deformieren und bei 12 m eine annähernd gleiche lebendige Kraft besitzen, während bei 1200 m das Verhältnis der lebendigen Kraft auf seiten des Stahlmantelgeschosses sogar günstiger zu sein scheint (1 : 1.7).

Nehme ich an, dass die auftreffende Fläche eines cylindroogivalen Geschosses eine Kreisfläche mit dem Durchmesser von $^2/_3$ seines Kalibers sei, so kann ich ohne weiteres die Formel $r^2\pi$ zur Berechnung der Grösse der auftreffenden Fläche benützen. Auf diese Weise erhalten wir für die auftreffende Fläche eines Stahlmantelgeschosses mit 11 mm Kaliber 42.24 qmm, für die des Nickelmantelgeschosses 22.31 qmm. Die lebendige Kraft, die auf jeden qmm

---

1) Das Mittel für den Durchmesser der aufschlagenden Fläche eines hutförmig deformierten Geschosses ergibt sich nach Tabelle I u. II zu 21 mm (11 mm Kaliber + 10 mm Zunahme durch Deformation). Nimmt man an, dass der Durchmesser der aufschlagenden Fläche von der Einschusöffnung zum Lager, wo er die Maximalzahl von 21 mm erreicht, gleichmässig zunimmt (siehe Seite 37), so ergibt sich als Mittel für die Zunahme durch Deformation $^{10}/_2 = 5$ mm. Die Zunahme zum Kaliber addiert ergibt 16 mm als mittleren Durchmesser des deformierten Geschosses, der Radius (r) ist also 8 mm. Die Oberfläche eines hutförmig deformierten Geschosses kann als Kugelhaube (Kalotte) betrachtet und nach der Formel $2R\pi h$ berechnet werden, wobei dann R sich aus der Formel $r = \sqrt{2Rh}$ ergibt. $r = 8$ mm, $h = 8$ mm.

Es ist also:

$$r = 8\,\text{mm} = \sqrt{2Rh}$$

$$R = \frac{8^2}{2.8} = \frac{64}{16} = 4$$

$$2R\pi h = 2 . 4 . \frac{22}{7} . 8 = 201.14\,\text{qmm}.$$

Auf die Fläche von 201.14 qmm wirkt bei 12 m Distanz die lebendige Kraft von 248.5 kgm, auf 1 qmm also: $\frac{248.5}{201.14} = 1.47$ kgm.

der auftreffenden Fläche eines 11 mm-Geschosses bei 12 m wirkt, ist $= \frac{248.5}{42.24} = 5.88$ kgm, bei dem 8 mm-Geschoss $\frac{265}{32.31} = 11.88$ kgm. Wenn daher auch bei 12 m das 11 mm-Geschoss annähernd dieselbe lebendige Kraft zu haben scheint, wie das 8 mm-Geschoss, so ist doch nach dieser Berechnung der absolute Wert der letzteren pro qmm ein doppelter, es muss deshalb auch eine doppelte Leistungsfähigkeit haben. Bei 1200 m ist die lebendige Kraft für das 8 mm-Geschoss pro qmm $= \frac{28.6}{22.31} = 1.28$ kgm, für das 11 mm-Geschoss $= \frac{49}{42.24} = 1.16$ kgm, es ist also die lebendige Kraft, die bei dieser Entfernung auf seiten des Stahlmantelgeschosses doppelt so gross (w = 48.44 kgm) zu sein scheint, als auf seiten des Nickelmantelgeschosses (w = 28,6 kgm) in Wirklichkeit bei beiden annähernd gleich, nämlich 1.16 : 1.28 kgm pro qmm.

Dieser Theorie scheint die Thatsache zu widersprechen, dass bei den Schüssen auf Eisenplatten die Geschosse annähernd gleiche Wirkung zeigen (siehe Seite 31), das letztere erklärt sich aber sehr einfach daraus, dass in diesem Falle alle drei Geschosse gleicherweise deformieren, da ein Unterschied in der Grösse der Angriffsfläche also nicht mehr vorhanden, wirken die verschiedenen Geschosse mit ziemlich gleicher lebendiger Kraft und bringen dementsprechend gleiche Wirkungen hervor.

Es wird also die Durchschlagskraft (die Leistungsfähigkeit) eines Geschosses ausgedrückt durch diejenige lebendige Kraft, welche in jedem qmm der auftreffenden Fläche des Geschosses wirkt, je kleiner die auftreffende Fläche eines Geschosses ist, bei gleicher lebendiger Kraft, um so grösser ist die Durchschlagskraft. Ich möchte also den Satz Reger's[1], „dass die Einwirkung des Geschosses auf den menschlichen Körper bedingt wird: 1) durch die lebendige Kraft des Geschosses und 2) durch den Widerstand, welchen der getroffene Körper dem andringenden Geschosse leistet," folgendermassen umändern: Die Einwirkung des Gewehrgeschosses auf den menschlichen Körper wird bedingt: 1) durch die Durchschlagskraft des Geschosses und 2) durch den Widerstand, welchen der getroffene Körper dem andringenden Geschosse leistet.

1) Reger, Gewehrschusswunden der Neuzeit, p. 10.

Schiessversuche auf Leichen.

Nach den mehr vorbereitenden Schiessversuchen auf Holz und Eisenplatten gehe ich nun zu dem wichtigeren Teil meiner Aufgabe über, den Schiessversuchen auf Leichen und Leichenteile, indem ich dabei hauptsächlich die Wirkung, welche das japanische Bleigeschoss aus verschiedenen Entfernungen auf die Gewebe des menschlichen Körpers ausübt, der Beobachtung unterziehe. Zu den Versuchen wurde das japanische Infanteriegewehr verwendet.

Da es zur Erklärung des Zustandekommens der verschiedenen Schusswunden von grösster Wichtigkeit ist, das betreffende Geschoss möglichst in der Form aufzufangen, wie es das Schussobjekt verlassen hat, wurde zu diesem Zweck ein besonderer Auffangapparat aufgestellt. Derselbe bestand in einem vorn und oben offenen Kasten von 1 m Höhe, 40 cm Breite und 2 m Länge und wurde ausgefüllt mit einer Reihe von 6 Rupfensäcken, die mit Sägespänen gefüllt waren. In den geringen Zwischenräumen zwischen den einzelnen Säckchen wurden Papierstreifen von der Breite des Kastens aufgehängt, welche, nach dem Schuss herausgezogen, es ermöglichten, rasch zu erkennen, bis zu welchem Sack das Geschoss vorgedrungen war.

Kleine Schussobjekte wurden vor diesem Apparat einfach aufgestellt, grössere und besonders ganze Leichen wurden an einem davor befindlichen, galgenartigen Gerüst befestigt.

Da beim Schiessen aus grossen Entfernungen das Treffen der relativ kleinen Objekte überaus unsicher und dem Zufall unterworfen ist, so musste, wenn man zu einem Resultat gelangen wollte, mit abgebrochenen Ladungen geschossen werden. Sogleich nach jedem Schuss wurde, um ein zufälliges Zusammentreffen der Geschosse im Auffangapparat zu vermeiden, der Sack, in welchem das Geschoss vermutet wurde, auf ein Tuch entleert und auf das Genaueste nach dem Geschoss und etwaigen Splittern durchsucht.

1) Schüsse bei 1200 m Distanz mit Japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 131. R. Vorderarm. Einschuss: 8:10 mm Volarfläche, 4 Finger breit über dem Handgelenk. Ausschuss: 8:10 mm sternförmiger Schlitz am Radialrand der Dorsalfläche. Knochen ist nicht verletzt. Eine Strecksehne ist zerrissen. Glatter Weichteilschuss.

Geschoss: zeigt eine quer über die Spitze verlaufende 1,5 mm tiefe

und breite Rinne, wahrscheinlich von der getroffenen Sehne herrührend. Gewicht: normal. (Siehe Tafel I Figur 1.)

Nr. 132. L. Vorderarm. Einschuss: 7:10 mm, Radialseite, zwei Finger breit über Handgelenklinie. Ausschuss: 15 mm, schlitzförmig, an der Vorderfläche etwas radialwärts. Der Schuss verläuft zwischen dem Radiushals und der Sehne des M. supinator longus, die Art. radialis unverletzt. Weichteilschuss.

Geschoss: unverändert.

Nr. 133. R. Oberschenkel. Einschuss: 9 mm Mitte, Innenseite. Ausschuss: 12 mm langer Schlitz an der Hinterfläche. Femur ist etwa 2 cm breit an der Innenseite von Periost entblösst ohne Fissur. Schusskanal in der Muskulatur glatt. Weichteilschuss (Streifschuss des Femur mit Periostablösung).

Geschoss: nach der Spitze zunehmend von einer Seite nach der andern stark abgeplattet. Die abgeplattete Fläche feinstreifig. Gewicht: 26.7 g. (Siehe Tafel I Figur 10.)

Nr. 134. R. Hüfte. Einschuss: 7 mm an der Vorderfläche querfingerbreit über der rechten Inguinalfalte, in dem äusseren Drittel. Ausschuss: 7 mm mit kleinen Rissen, in der Mitte des rechten Hinterbackens. Einschuss im Knochen: es zeigt sich auf der Vorderfläche des überknorpelten Caput femoris ein sternförmiger Riss ohne Substanzverlust. Ausschuss: an der Hinterfläche 3 cm langer Querriss. An der Innenfläche des hinteren Pfannenrandes findet man einen 15 mm langen, an der Grenze des Knorpelringes querverlaufenden Riss. Ausschuss an der Aussenfläche des Pfannenrandes 8 mm kreisrund mit feinen Knochensplittern umsäumt. Der Schusskanal in der Muskulatur hinter dem Knochen ist ziemlich gross (15 cm Durchmesser). Lochschuss der oberen Femur-Epiphyse und des Pfannenrandes.

Geschoss: nicht deformiert, an Spitze und Mantelteil feine Streifung.

Nr. 135. R. Oberschenkel. Einschuss: 9 mm, Innenfläche dicht über Condylus internus. Ausschuss: 10 mm hinten, auf Condylus externus. Im Femur dicht über dem Condyl. int. an der Innenseite ein kreisrunder Einschuss, Durchmesser 13 mm, von welchem nach oben 2 Fissuren ausgehen, die einen 2 cm langen Splitter lösen. Ausschuss hinten in der Fossa intercondyloidea 2 cm, mit Zertrümmerung der Spongiosa. 2 cm lange Fissur nach oben, Kontinuität des Knochens nicht getrennt, also: Lochschuss der Epiphyse femoris mit Fissur.

Geschoss: Spitze zackig deformiert, trägt in den Vertiefungen feinkörnige Knochenstücke. Gewicht: 26.2 gr.

Nr. 136. Unterschenkel. Einschuss: 7 mm kreisrund, Vorderfläche dicht neben Tuberositas tibiae. Ausschuss: 8 mm langer dreieckiger Riss. Hinten 2 Finger breit unter der Gelenklinie. Einschuss in Tibia: kreisrund mit 11 mm Durchmesser, dicht neben der Aussen-

seite der Tuberositas tibiae, mit nach auf- und abwärts, typisch divergierenden Fissuren. Ausschuss: 12 mm kreisrund, dicht unterhalb der Tibio-fibular-Gelenkfläche, mit 2 Fissuren, die einen Splitter von 15 : 25 mm umschreiben. Fibula: An der Innenfläche des Capitulum Rinnenschuss, an dem sich nur der Kortikalteil beteiligt. Der rinnenförmige Defekt misst in der Höhe 1 cm, in der Quere 1/2 cm. Der innere Teil der tibiofibularen Gelenkkapsel ist auch zerrissen. Lochschuss der Epiphysis tibiae mit Fissuren und Splitterung und Streifschuss der Epiphysis fibulae. (Siehe Tafel II Figur 3 u. 4.)

Geschoss: Spitze und eine Seite des Mantelteils sind feinstreifig, im ganzen nicht unverändert. Gewicht: 27.0 gr.

Nr. 137. Unterschenkel. Einschuss: 7 mm kreisrund, Vorderfläche, an der Grenze des oberen und mittleren Drittels. Ausschuss: 15 mm langer Riss an der Hinterfläche. Fibula an der betreffenden Stelle in einer Ausdehnung von 3.5 cm in Splitter frakturiert. Tibia ist intakt erhalten. Splitter-Fraktur der Fibula-Diaphyse 3.5 cm.

Geschoss: Spitze gespalten und in der Spalte ein kleiner Knochensplitter stecken geblieben. Ge icht: 27.0 gr. (Siehe Tafel I Fig. 19.)

Nr. 138. R. Oberschenkel. Einschuss: 7 mm Vorderfläche Mitte. Ausschuss: 20 mm Längsriss, Hinterfläche. Femur-Einschuss: 12 mm kreisrund, Vorderfläche etwas innen von der Axe. Ausschuss: 13 mm Hinterfläche. Vom Ein- und Ausschuss gehen etwa 5 cm lange Fissuren nach innen-oben und innen-unten, durch welche an der inneren Hälfte des Knochens in einer Länge von etwa 10 cm hauptsächlich 3 grosse Splitter abgetrennt werden, die noch durch das Periost im Zusammenhang erhalten bleiben, so dass ein Lochschuss der Femur-Diaphyse mit Splitterung, aber ohne Kontinuitätstrennung diagnosticiert wurde. Nach der Maceration zeigt sich ferner je eine vom Ein- und Ausschuss nach oben aussen, konvergierend ansteigende Fissur, so dass dadurch die Kontinuität des Knochens getrennt ist. (Siehe Tafel II Fig. 1 und 2.)

Geschoss: Spitze unregelmässig höckrig, an einer Stelle ein Knochenpartikelchen fest haftend. Gewicht: 26.8 gr.

Nr. 139. Hand. Einschuss: 8 mm kreisrund, Dorsalfläche, in der Nähe des Carpometacarpalgelenks des IV. u. V. Fingers. Ausschuss: 20 mm langer Riss, auf dem Kleinfingerballen. Der Metacarpus V. ist in kleine Splitter an dem Carpometacarpalende frakturiert, der Metacarpus IV. einfach schräg an demselben Ende gebrochen.

Geschoss: Spitze etwas rauh, sonst nicht verändert. Gewicht: normal.

2) Schüsse bei 900 m Distanz mit japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 140. R. Bauchschuss. Einschuss: 8 mm kreisrund, auf der letzten wahren Rippe, etwas innerhalb der rechten Mamillarlinie. Hier tritt das Geschoss durch die Rippe ein und geht durch das Omentum majus, eine Dünndarmschlinge, die untere, äussere Wand der Gallenblase, den linken Leberlappen und die letzte falsche Rippe, dicht an deren Angulus costae aus dem Körper heraus. Der Inhalt der Gallenblase und des Dünndarms tritt nur in der betreffenden Stelle, also in keiner grossen Ausdehnung, heraus. Ausschuss in der Haut: 12 mm langer Riss.

Geschoss: nicht verändert.

Nr. 141. Humerus (entfleischt.) Rinnenschuss an der Innenfläche dicht unter dem Gelenkkopf, Defekt von 2.5 cm Querdurchmesser, 1.5 cm Höhendurchmesser. Rinnenschuss der oberen Epiphyse ohne Fissur.

Geschoss: Spitze zackig und höckrig, trägt an vielen Stellen Knochenkörner. Gewicht: normal.

Nr. 142. L. Unterschenkel. Einschuss: 6:7 mm, Vorderfläche auf der Tuberositas tibiae. Ausschuss: 20 mm langer Riss. Einschuss in Tibia: aussen, dicht neben der Tuberositas Rinnenschuss von 10 mm Höhendurchmesser, Fibula ist an ihrem Halse in einer Länge von 2 cm in Splittern frakturiert. Rinnenschuss der Tibia-Epiphyse und Splitter-Fraktur des oberen Endes der Fibula-Diaphyse 2 cm lang. (Siehe Tafel III Figur 5.)

Geschoss: Spitze und eine Seite des Mantelteils stark zerrissen, an der zerrissenen Fläche hängen einige Knochenkörner fest.

Nr. 143. R. Ellenbogen. Einschuss: 8 mm kreisrund, Vorderfläche fingerbreit unter der Epitrochlea. Ausschuss: 10 mm langer Schlitz (sternförmig) in der Gegend des Condyl. ext. humeri. Der Einschuss im Knochen findet sich an der Innenseite des Gelenkendes des Humerus, dicht unter der Epitrochlea am oberen Ende des Gelenkknorpels, so dass der letztere noch lineär aufgesprengt ist. Schuss geht quer durch die spongiöse Substanz des Gelenkendes, am Ausschuss mit völliger Zertrümmerung einschliesslich des Gelenkknorpels. Lochschuss mit lineärer Aufsprengung eines Teils.

Geschoss: Spitze gestaucht, höckrig, trägt hie und da feinkörnige Knochenpartikel, Mantelteil feingestreift. Gewicht: 26.95 gr.

Nr. 144. L. Ellenbogen. Einschuss: 6 mm Radialfläche dicht unter der Gelenklinie. Ausschuss: 15 mm langer Riss, Ulnarseite an der Gelenklinie. Radius an seiner Gelenkfläche für Ulna gestreift, so dass sein der Ulna gegenüberstehender Teil gänzlich fehlt. Von da aus nach unten 4 cm lange Bruchlinie. Ulna an ihrem Kopf durchgeschlagen, so dass das Olecranon abgebrochen und nach abwärts

in einer Länge von 5 cm frakturiert ist. Splitter-Fraktur der Epiphyse des Radius und der Ulna.

Geschoss: Spitze gestaucht, Mantelteil gestreift. Gewicht: 26.8 gr.

Nr. 145. Vorderarm. Einschuss: 6:10 mm, Dorsalfläche etwas ulnarwärts, Grenze des Unter- und Mittelstücks. Ausschuss: 15 mm langer Längsriss, Ulnarseite. In demselben sind viele kleine Knochensplitter vorhanden. Ulna 6 cm lang in Splittern gebrochen. Radius ist intakt. Splitter-Fraktur der Ulna-Diaphyse.

Geschoss: Spitze ganz wenig gestaucht. Gewicht: normal.

Nr. 146. Radius (entfleischt.) Splitter-Fraktur 6 cm lang an dem unteren Ende der Diaphyse.

Geschoss: Spitze nach einer Seite abgebogen, trägt vorn eine Einkerbung. Mantelteil auf einer Seite feinstreifig. Gewicht: 26.0 gr. (Siehe Tafel I Fig. 9.)

Nr. 147. R. Ulna (entfleischt.) Splitter-Fraktur der Diaphyse in der Ausdehnung von 8 cm.

Geschoss: Spitze gespalten. Gewicht: normal. (Siehe Tafel I Fig. 20.)

Nr. 148. L. Oberschenkel. Einschuss: 7 mm, Innenseite. Ausschuss: blind! Femur in einer Länge von 10 cm in grosse und kleine Splitter frakturiert. Nach dem Ausschuss hinter dem Knochen 2 platt geschlagene Bleistücke, der Rest des Projektils unter der Stelle der Haut, welche dem Ausschuss entsprechen würde, ein solcher ist nicht vorhanden.

Geschoss: wie gesagt in 3 Stücke geteilt, von denen 2 platt geschlagen sind, das dritte ist der Basalteil des Geschosses. Gewicht: 26.7 gr. (Siehe Tafel I Figur 21.)

Nr. 149. Oberschenkel. Einschuss: 9 mm, Vorderfläche, oberes Drittel. Ausschuss: 30 mm langer halbmondförmiger Riss an der Hinterfläche. Femur in einer Länge von 8 cm in Splittern frakturiert. Der Schusskanal in der Muskulatur vor der Bruchstelle glatt und der Durchmesser dem des Einschusses entsprechend. Der Schusskanal in der Muskulatur hinter der Bruchstelle zerfetzt mit einem Durchmesser von ca. 2 cm. Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse 8 cm.

Geschoss: Spitze harpunenförmig zugespitzt. Gewicht: 24.8 gr. (Siehe Tafel I Fig. 16.)

Nr. 150. R. Thorax. Einschuss: 8 mm kreisrund, Rücken, 1 cm ausserhalb des inneren Scapularrandes und am unteren Rand des M. deltoideus. Dementsprechend ist die Scapula in der Fossa infra spinata glatt durchgeschlagen, 10 mm Durchmesser. Der Schusskanal geht dann durch den III. Intercostalraum, den oberen Rand der IV. Rippe streifend, in das Mediastinum hinein und durch das Sternum an der Ver-

einigungsstelle des Manubrium und Corpus (8:10 mm) heraus. Ausschuss in der Haut: 10 mm. Lochschuss der Scapula und des Sternum.

Geschoss: unverändert.

Nr. 151. Schädel. Einschuss: 5 mm kreisrund, 3 Finger breit über dem Orbitalrand. Ausschuss: 5 mm langer Riss, 3 Finger breit über dem Occipitalhöcker. Schädelbedeckung, Haut, Galea aponeurotica und Knochen ganz intakt erhalten. Einschuss im Stirnbeine: 2:3 cm. Ausschuss im Hinterhauptbein: 4 cm kreisrund, mit kleinen Splittern. Lochschuss des Schädels mit kleiner Splitterung. Fissuren an Fornix und Basis cranii nicht vorhanden. Gehirnmassen faul, breiig.

Geschoss: stark deformiert. Gewicht: 23.2 gr.

3) Schüsse bei 600 m mit japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 152. L. Oberschenkel. Einschuss: 9 mm kreisrund, Vorderfläche, Mitte. Ausschuss: 10 mm langer Riss, hinten aussen. Der Knochen ist nicht verletzt. Der Schusskanal in der Muskulatur ist ganz glatt und sein Durchmesser dem des Ein- und Ausschusses entsprechend. Weichteilschuss.

Geschoss: nicht gefunden.

Nr. 153. L. Oberschenkel. Einschuss: 8 mm, Mitte der Vorderfläche, aussen. Ausschuss: 10 mm langer Schlitz. Weichteilschuss: Schusskanal in der Muskulatur glatt.

Nr. 154. L. Oberschenkel. Einschuss: 10 mm kreisrund, Vorderfläche, Mitte 2 Finger breit unter dem Ligament. Pouparti. Ausschuss: blinder Schusskanal! Femur: Ein tiefer Rinnenschuss am inneren Rand des Schenkelhalses von vorn nach hinten verlaufend 17 mm breit, 25 mm lang. Der Schusskanal in der Muskulatur hat einen Durchmesser von 20 mm; an dessen blindem Ende steckt das Geschoss unter der Haut, so dass man dasselbe an dieser Stelle von aussen fühlen kann. Rinnenschuss der Femur-Epiphyse.

Geschoss: bis zur Hälfte gestaucht; ein Stück der Länge nach abgerissen. Gewicht: 19.6 gr. (Siehe Tafel I Figur 13.)

Nr. 155. R. Ellenbogen. Einschuss: 4:8 mm an der Beugefläche. Ausschuss: 10:15 mm, mit einigen Hautrissen an der Streckfläche. Einschuss im Knochen: 10:17 mm, dicht über der Eminentia capitata humeri. Ausschuss: 20:25 mm Streckfläche, dicht über dem Condylus internus humeri an dem Rand der Fossa supratrochlearis posterior (major), so dass der innere und obere Rand der letzteren zerstört ist. Eine kleine Knochenbrücke, welche die hintere Wand des Schusskanals bildet, ist gebrochen und nur das Periost erhalten. Ausserdem sieht man auf der Beugefläche eine 4 cm lange, rechtwinklig vom oberen Rande des Ein-

schusses bis zur Fossa supratrochlearis anterior verlaufende Fissur. Lochschuss der Humerus-Epiphyse mit Fissuren.

Geschoss: Spitze leicht gestaucht und trägt hie und da feine Knochenpartikelchen. Eine Seite des Mantelteils gestreift, mit vielen feinen Streifrinnen, welche der Längsrichtung nach verlaufen. Gewicht: 26.5 gr.

Nr. 156. L. Oberschenkel. Einschuss: 7 mm, dicht neben dem Innenrand der Patella. Ausschuss: 15 mm langer Längsriss, dicht über Condylus ext. femoris. Einschuss im Knochen: 6:15 mm dicht am oberen Knorpelrande des Condyl. int. mit kleinen Splittern. Vom Einschuss nach aufwärts drei divergierende ca. 6 cm lange Fissuren. Ausschuss: 10 mm oberhalb des Knorpelrandes des Condyl. ext., mit 3 cm langen Fissuren nach auswärts und aufwärts, wodurch 2 Splitter umschrieben werden, welche am Periost hängen. Lochschuss der Femur-Epiphyse mit Splitterung. (Siehe Tafel II Fig. 5 u. 6.)

Geschoss: Spitze und Mantelteil feinstreifig ohne besondere Veränderung. Gewicht: normal.

Nr. 157. L. Oberarm. Einschuss: 7 mm kreisrund, Mitte der Vorderfläche. Ausschuss: 15 mm langer Längsriss an der Hinterfläche. Aus demselben dringen Knochensplitter und Muskelfetzen heraus. Die Mitte des Humerus in einer Länge von 7 cm in Splittern frakturiert. Splitter-Fraktur der Diaph. humeri.

Geschoss: bis zur Hälfte gestaucht. Gewicht: 25 gr.

Nr. 158. Humerus (entfleischt.) 8 cm lange Splitter-Fraktur in der Mitte der Diaphyse.

Geschoss: nicht aufgefunden.

Nr. 159. L. Oberschenkel (entfleischt.) Femur an der oberen Grenze der Diaphyse in einer Länge von 9 cm in Splitter frakturiert.

Geschoss: nicht aufgefunden.

Nr. 160. Oberschenkel. Einschuss: 7:9 mm an der Innenseite, oberhalb der Mitte. Ausschuss: 20 mm sternförmig gerissen an der Aussenseite. Schusskanal in der Muskulatur glatt bis auf den Knochen. Einschuss in Femur: Die Mitte der Diaphyse in einer Ausdehnung von 12 cm in eine Anzahl grosser und kleiner Splitter zerschmettert, dazwischen kleine Bleipartikel. 12 cm lange Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse.

Geschoss: stark reduciert. Nur noch eine Längshälfte der hinteren $^{2}/_{3}$ erhalten. Vorderfläche unregelmässig höckrig, an der abgerissenen Längsfläche grobe und feine Streifung. Gewicht: 14.6 gr.

Nr. 161. L. Unterschenkel. Einschuss: 8 mm, kreisrund an der Vorderfläche, drei Finger breit über der Maleolarspitze. Ausschuss: 10 mm sternförmiger Hautriss, an der Achillessehne. Einschuss in der Tibia: 11 mm kreisrund, Ausschuss: 15:30 mm, längliches Loch. Vom Ein- und Ausschuss 2 nach oben divergierende 4 cm lange Bruchlinien, dadurch vollständige Kontinuitätstrennung, die Frag-

mente sind aber durch Periost erhalten, so dass auf den ersten Blick ein reiner Lochschuss entstanden zu sein scheint. Der Schusskanal in der Muskulatur hinter dem Knochen hat einen Durchmesser von 17 mm und ist nicht stark zertrümmert. Der äussere Rand der Achillessehne leicht gestreift. Splitter-Fraktur der unteren Diaphysengrenze der Tibia 4 cm lang. (Siehe Tafel III. Fig. 3 und 4.)

Geschoss: Spitze leicht gestaucht und höckrig. Gewicht: normal.

4) Schüsse bei 300 m Distanz mit japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 162. L. Oberarm. Einschuss: 10 mm kreisrund. Mitte der Beugefläche. Ausschuss: 15 mm sternförmig. Innenseite der Beugefläche. Weichteilschuss. Schusskanal in der Muskulatur glatt.

Geschoss: nicht aufgefunden.

Nr. 163. L. Vorderarm. Einschuss: 8 mm kreisrund, fingerbreit unterhalb des Ellbogengelenks. Ausschuss: 10 mm sternförmig, Ulnarseite. Weichteilschuss. Schusskanal in der Muskulatur glatt.

Geschoss: nicht aufgefunden.

Nr. 164. Humerus (entfleischt). Vollständige Zertrümmerung der Epitrochlea. Zerschmetterung der Epiphysis humeri.

Geschoss: im ganzen stiefelförmig deformiert. Gewicht: normal. (Siehe Tafel I Figur 11.)

Nr. 165. Femur (entfleischt). Einschuss im Knochen: 12 mm kreisrund, an der Basis des Halses. Ausschuss: gegenüber kreisrund 14 mm. Lochschuss an der Basis des Schenkelhalses ohne Splitterung mit haarfeinen Fissuren am Ausschuss. (Siehe Tafel III Fig. 1 und 2.)

Geschoss: Spitze gestaucht, höckrig, Mantelteil streifig. Gewicht: 26,8 gr.

Nr. 166. L. Knie. Einschuss: 9 mm kreisrund, auf dem unteren, inneren Rand der Patella. Ausschuss: 30 mm langer unregelmässiger Riss in der Kniekehle. Patella ist an ihrer inneren Hälfte zerschmettert. Einschuss in Femur: 20 mm kreisrund, Mitte der überknorpelten Gelenkfläche, Ausschuss (10 mm) in der Fossa intercondyloidea mit feinen Splittern umsäumt. Vom Einschuss nach oben zwei divergierende 6 cm lange Bruchlinien, ferner eine dritte vom Ein- zum Ausschuss über die Gelenkfläche hinlaufende, so dass das untere Femurende durch diese 3 Bruchlinien Y-förmig frakturiert ist. Der Schusskanal in der Muskulatur hinter dem Knochen hat einen Durchmesser von 20 mm, Art. poplitea gestreift. Fraktur der Patella und der unteren Femur-Epiphyse.

Geschoss: Spitze stark gestaucht, fast bis zu $^2/_3$ seiner Länge und etwas seitlich verbogen. Gewicht: 26,5 gr. (Siehe Tafel I Fig. 15.)

Nr. 167. R. Oberarm. Einschuss: 10 mm kreisrund, Mitte der Vorderfläche. Ausschuss: 10:20 mm klaffende Wunde, Hinterfläche. Humerus im Mittelstück in einer Länge von 9,5 cm in Splitter frakturiert. Splitter-Fraktur der Humerus-Diaphyse in einer Länge von 9,5 cm.

Geschoss: Spitze unregelmässig höckrig gestaucht. Gewicht: 26,85 gr. (Siehe Tafel I Figur 14.)

Nr. 168. R. Humerus (entfleischt.) Splitter-Fraktur des unteren Endes der Diaphyse 6 cm lang.

Geschoss: bis zur Hälfte gestaucht, zackig und höckrig. Gewicht: 23.2 gr.

Nr. 169. L. Vorderarm. Einschuss: 8 mm auf Radialseite, vom Einschuss nach auf- und abwärts, Längsriss von 7 cm. Ausschuss: 12 cm langer Längsriss auf Ulnarseite. Aus demselben hängen Muskelfetzen und einige Knochensplitter heraus. Radius in eine Länge von 5 cm in Splitter frakturiert. Ulna einfach schräg gebrochen.

Nr. 170. Femur (entfleischt.) Femur in seinem Diaphysenteil in einer Ausdehnung von 13 cm in Splitter frakturiert.

Geschoss: stark in unregelmässiger Pilzform gestaucht. Gewicht: 22.5 gr. (Siehe Tafel I Figur 18.)

Nr. 171. Scapula (entfleischt). In der Mitte der Fossa infra spinata scapulae eine kreisrunde Perforation von 11 mm Durchmesser ohne Fissur und Splitterung. Lochschuss der Scapula.

Geschoss: Spitze zackig gestaucht.

Nr. 172. L. Schulter. Einschuss: 7 mm kreisrund. Vorderfläche des Schultergelenks, Mitte. Ausschuss: 20 mm langer, halbmondförmiger Hautriss, am Rücken auf Scapula unterhalb des Accomion. Der Schusskanal in der Muskulatur vor dem Knochen glatt mit einem Durchmesser von etwa 15 mm. Humerus: An der Vorderfläche nach einwärts, dicht unter dem Tuberculum minus Rinnenschuss von 14 mm Höhen- und 20 mm Breitendurchmesser. Der Schusskanal geht weiter nach hinten durch die Scapula an ihrem äusseren Rand quer Finger breit unterhalb des Collum scapulae. Von der Durchschlagstelle gehen 2 nach innen divergierende Bruchlinien und eine nach aussen durch die ganze Scapula, so dass dieselbe in 3 Stücke gebrochen ist. Rinnenschuss der Epiphys. humeri und Fraktur der Scapula.

Geschoss: bis zur Hälfte gestaucht. Gewicht: 24 gr. (Siehe Tafel I Figur 17.)

5) Schüsse bei 100 m Distanz mit japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 173. L. Unterschenkel. Einschuss im Knochen: 15 mm an der Spina tibiae. Ausschuss: 25 mm. Von kleinen Knochensplittern umsäumt. Vom Ein- und Ausschuss nach auf- und einwärts

Bruchlinie bis in die Gelenkfläche. Vom Ein- und Ausschuss verlaufen nach abwärts divergierende Bruchlinien, so dass der Knochen in einer Länge von 3 cm frakturiert ist.

Nr. 174. L. Unterarm. Einschuss: 8 mm kreisrund, Vorderfläche mehr radialwärts. Ausschuss: 10 cm langer Längsriss. Radius in einer Länge von 6 cm, Ulna von 8 cm frakturiert.

Nr. 175. L. Unterschenkel. Einschuss: 7:9 mm Mitte der Vorderfläche. Ausschuss: 4 cm langer Längsriss auf Wade. Einschuss in Tibia: 12 mm auf Vorderfläche. Ausschuss viel grösser. Vom Ein- und Ausschuss gehen auf- und abwärts divergierende Bruchlinien, so dass dadurch der Knochen in 9 cm Länge auf typische Weise frakturiert ist. Der Schusskanal hinter der Bruchstelle ist für den Daumen durchgängig.

Nr. 176. R. Unterschenkel. Einschuss: 8 mm, an der Grenze des unteren und mittleren Drittels, von da aus auf- und abwärts ein Längsriss, der im ganzen 9 cm lang ist. Ausschuss: 13 cm langer Längsriss auf Wade. Tibia in der Mittellinie der Vorderfläche getroffen, frakturiert in einer Ausdehnung von 11 cm. In der Muskulatur hinter der Bruchstelle, gänseeigrosse Höhlung.

Nr. 177. R. Unterschenkel. Einschuss: 10 mm, fingerbreit unter Crista tibiae, nach abwärts ein Hautriss. Ausschuss: an Aussenseite 9 cm langer, auf Wade 6 cm langer Hautriss. Die Hautränder sind in viele Läppchen zerrissen. An der äusseren Kante der Tibia ein tiefer Rinnenschuss mit Eröffnung der Markhöhle; von da aus nach vorn und nach innen unten 14 cm lange Bruchlinie. In der Muskulatur hinter der Bruchstelle hühnereigrosse Höhlung. Rinnenschuss mit Markhöhleneröffnung und 14 cm langer Schrägfraktur.

5b) Schüsse bei 100 m Distanz mit Stahlmantelgeschoss.

Nr. 178. Oberschenkel. Einschuss: 8 mm kreisrund, Mitte der Vorderfläche. Ausschuss: 10 cm langer Längsriss an der Hinterfläche. Femur frakturiert in 12 cm Länge in Splitter. Schusskanal in der Muskulatur hinter dem Knochen hühnereigross.

Nr. 179. Oberschenkel (entfleischt). Einschuss: an der oberen Epiphyse. Dem Einschuss entspricht eine hühnereigrosse Höhle, die am Rande derselben hängenden losgerissenen Knorpelteile und Knochensplitter sind ausgestülpt. Die Wandung der Höhle ist zerfetzt, von ihr aus verlaufen lange Bruchlinien nach unten, so dass sich die Epiphyse und das obere Drittel der Diaphyse in einer Ausdehnung von 12 cm zersplittert zeigt.

6) Schüsse bei 12 m Distanz mit japan. Weichbleigeschoss.

Nr. 180. Oberarm. Einschuss: 11 mm, Vorderfläche mehr nach aussen im oberen Drittel. Ausschuss: 12 mm, Hinterfläche, mehr nach aussen. Schusskanal glatt. Weichteilschuss.

Geschoss: an der Spitze ganz wenig gestaucht. Gewicht: 27.0 gr. (Siehe Tafel I Figur 2.)

Nr. 181. R. Oberarm. Einschuss: 10 mm kreisrund, Mitte der Streckfläche. Ausschuss: 45 mm langer Schrägriss an der Beugefläche. Weichteilschuss. Der Schusskanal in der Muskulatur glatt, der Durchmesser desselben etwas grösser als das Geschosskaliber.

Nr. 182. R. Oberarm. Einschuss: 10 mm kreisrund an der Streckfläche, 3 querfingerbreit oberhalb des Ellbogengelenks. Ausschuss: 20 : 25 mm sternförmiger Riss ohne Hautdefekt. Weichteilschuss. Schusskanal in der Muskulatur glatt, Durchmesser etwas grösser als Geschosskaliber.

Nr. 183. Bauch. Einschuss: 9 mm kreisrund, am rechten Hypochondrium. Dünndarm zweimal getroffen und perforiert. Der Inhalt tritt nur an der Perforationsstelle in kleiner Quantität heraus. Der Schuss geht dann durch die Fossa iliaca und die bedeckende Haut in der Regio glutaea heraus. Lochschuss im Darmbein: 4 : 5 cm, Ausschuss in der Haut: 3 : 4 cm. Bauchschuss mit Darmbeinperforation.

Geschoss: pilzförmig gestaucht. Gewicht: 27.0 gr. (Siehe Tafel I Figur 4.)

Nr. 184. L. Oberschenkel. Einschuss: 9 mm Vorderfläche der Hüfte. Ausschuss: 16 : 17 mm mit vielen Hautrissen, auf dem Gesäss. Femur-Hals durchgeschlagen und zerschmettert mit samt dem Caput femoris. Nur der Knorpelüberzug meist erhalten. Der untere und äussere Pfannenrand zertrümmert, ebenso die Grube. Hinter dem Knochen findet man einen faustgrossen Substanzverlust der Weichteile. Der Schusskanal vor dem Knochen ist glatt. Splitter-Fraktur der Epiphysis femoris und der Pfanne.

Geschoss: pilzförmig, stark gestaucht, bis zur Länge von 14 mm. Auf der gestauchten Fläche sieht man ganz feine Streifungen, die durch die Reibung an rauhen Knochen-Bruchflächen entstanden zu sein scheinen; in der Mitte der Vorderfläche haften feine Knochenpartikelchen fest. Gewicht: 26.3 gr. (Siehe Tafel I Figur 5.)

Nr. 185. L. Vorderarm. Einschuss: 10 : 11 mm Mitte der Dorsalfläche. Ausschuss: 10.5 cm Längsriss, Volarfläche, mehr nach der Ulnarseite. Aus demselben treten Muskel- und Sehnenfetzen und Knochensplitter hervor. Ulna in eine Länge von 7.5 cm in Splitter frakturiert. Radius intakt. Splitter-Fraktur der Ulna-Diaphyse in der Ausdehnung von 7.5 cm.

Geschoss: nach der Spitze zu von einer Seite nach der andern stark abgeplattet, nur der Basalteil fast unverändert. Die abgeplattete Oberfläche rauh und hie und da feine Knochenpartikelchen daran festhaftend. Gewicht: 23.5 gr. (Siehe Tafel I Figur 12.)

Nr. 186. R. Vorderarm. Einschuss: 11 mm kreisrund. Mitte der Radialseite. Ausschuss: 9.5 cm langer Längsriss an der

Ulnarseite. Daraus hängen Muskelfetzen mit kleinen Knochensplittern heraus. Radius in einer Länge von 4 cm, Ulna in einer Länge von 6 cm zersplittert. Splitterfraktur der Radius- und Ulna-Diaphyse.

Nr. 187. L. Oberschenkel. Einschuss: 7:9 mm, Vorderfläche, an der Grenze des unteren und mittleren Drittels. Ausschuss: 8.5 cm langer Längsriss an der Hinterfläche. Grosse klaffende Wunde, aus welcher Muskelfetzen heraushängen. Femur in einer Länge von 11 cm in Splitter frakturiert. Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse.

Geschoss: nicht aufgefunden.

Nr. 188. L. Unterschenkel. Einschuss: 7:9 mm Vorderfläche, oberes Ende, dicht unter der Spina tibiae. Ausschuss: 13 cm langer Längsriss an der Hinterfläche mit klaffendem Aussehen und zerrissenen Hauträndern; aus derselben treten Muskel- und Sehnenfetzen und Knochensplitterchen hervor. Einschuss in der Tibia: 10 mm mit starker Splitterung. Ausschuss: 4:6 cm grosses, viereckiges Loch. Tibia in einer Länge von 13.5 cm in Splitter frakturiert. Fibula an ihrem oberen Ende in einer Ausdehnung von 6 cm ebenfalls in Splitter frakturiert. Splitter-Fraktur an der oberen Diaphysengrenze der Tibia und Fibula.

Geschoss: Kaum deformiert(?), nur auf einer Seite leicht abgeschürft. Gewicht: normal.

Aus den vorstehenden Protokollen lässt sich folgendes entnehmen:

Die Einschussöffnung in der Haut ist annähernd bei den Schüssen aus verschiedenen Distanzen gleich gross (7—10 mm), und in der Regel etwas kleiner als das Kaliber des betreffenden Geschosses; es macht mir sogar fast den Eindruck, als ob die Einschussöffnung mit der Distanz ein wenig an Umfang zunehme, sie ist z. B. bei 12 m : 7—11 mm; bei 100 m : 8—10 mm; bei 300 m : 7—10 mm; bei 600 m : 7—10 mm; bei 900 m : 5—10 mm; bei 1200 m : 7—10 mm. Der Rand der Einschussöffnung ist bei kurzen Entfernungen immer schärfer als bei grösseren Schussdistanzen.

Ein Unterschied in der Art der Einschussöffnung in der Haut wird noch dadurch bedingt, ob die Haut direkt den Knochen als Unterlage hat, wie z. B. bei der Tibiavorderfläche oder dicke Schichten von Muskulatur, im letzteren Fall ist der Einschuss in der Regel kleiner als im ersteren Fall.

Die Ausschussöffnung in der Haut, bildet in der Regel einen Riss ohne Hautdefekt, die Länge desselben nimmt im allgemeinen mit der Abnahme der Schussdistanz zu; auch bei gleicher

Distanz variiert der Ausschuss nach Grösse und Form, je nachdem das Geschoss nur Weichteile durchschlägt oder Knochen trifft, im letzteren Fall macht sich auch ein Unterschied bei Epiphysen und Diaphysen bemerkbar, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Ausschussöffnung bei:

Entfernung	Weichteilschuss	Epiphysenschuss	Diaphysenschuss
1200 m	15 mm (Riss)	7—10 mm (rund)	12— 20 mm(Riss)
900 »	12 » »	10 - 20 » (Riss)	10— 30 » »
600 »	10 » »	10—20 » »	10— 20 » »
300 »	10—15 mm (sternförmig)	20—30 » »	20 — 70 » »
100 »	—	—	40—100 » »
12 »	12—45 mm (Riss)	16—17 mm (Defekt)	85 – 130 » »

Der Riss, den das Geschoss bei seinem Austritt aus der Haut bildet, ist bei den Schüssen auf Extremitäten fast ausnahmslos ein Längsriss, bei Rumpfschüssen kommen Längs- und Schrägrisse zu Stande, ein reiner Querriss wurde von mir nie beobachtet. Die Neigung der Haut, in der Längsrichtung zu reissen, ist wohl in ihren Strukturverhältnissen begründet.

Was den Schusskanal in der Muskulatur betrifft, so ist es von der grössten Wichtigkeit für die Form und Grösse derselben, ob der Schuss ein reiner Weichteilschuss ist oder ob Knochen getroffen wurde. Bei fast allen reinen Weichteilschüssen ist der Schusskanal glatt, der Durchmesser desselben dem Kaliber des Geschosses entsprechend oder je nach dem Grade der Deformation des betreffenden Geschosses etwas grösser. Dieselben Verhältnisse wie der reine Weichteilschuss zeigt der Schusskanal vor dem getroffenen Knochen, dagegen bietet er hinter demselben ein ganz anderes Bild. In der Regel zeigt sich nämlich in der Muskulatur hinter der Bruchstelle eine Höhlenbildung, welche die Grösse einer Mannsfaust und darüber hinaus erreicht. Die Grösse der Höhlung nimmt ab mit der Zunahme der Distanz, so dass sie bei Entfernungen von über 900 m nur noch unbedeutend ist. Bei gleicher Entfernung ist die Höhlung nach Grösse und Form auch sehr verschieden, je nachdem das Projektil nur Weichteile durchschlägt oder Epiphysen oder Diaphysen der Knochen trifft. Die Wandung der Höhlung ist je nach dem Grade der Knochensplitterung mehr oder weniger zerfetzt und mit Knochensplittern durchsetzt. Mit der Abnahme der Knochensplitterung wird die Wandung des Schusskanals glatter und finden sich wenige Splitter in demselben, so dass bei 600 m sein Durchmesser nur noch wenig grösser ist als das Kaliber des leicht

gestauchten Geschosses, seine Wandung fast niemals zerfetzt und in der Regel frei von Knochensplitter sind.

Was die Wirkung des Geschosses auf den Knochen betrifft, so macht sich begreiflicherweise ein grosser Unterschied zwischen Röhren- und platten Knochen bemerkbar, ebenso wie beim Schiessen auf Röhrenknochen der Epiphysenschuss ein ganz anderes Bild darbietet als der Diaphysenschuss.

Im ganzen habe ich 67 Schüsse auf Leichen abgegeben, darunter sind 10 reine Weichteilschüsse, bei den übrigen 57 wurde der Knochen getroffen. Von diesen 57 Knochenschüssen kommen 47 auf Röhrenknochen (16 Epiphysen und 31 Diaphysen), 3 auf platte, 1 auf kurze Knochen und 6 auf den Schädel [1]). Was die Entfernungen betrifft, aus welchen geschossen wurde, so wurden 14 dieser Schüsse bei 12 m, 7 bei 100 m, 9 bei 300 m, 8 bei 600 m, 11 bei 900 m und 7 bei 1200 m Distanz abgegeben.

Was die dadurch erzielten Verletzungen der Knochen betrifft, so habe ich einen Streifschuss der Diaphyse mit Periostablösung nur einmal bei 1200 m beobachtet, ein Rinnenschuss der Diaphyse wurde nie erhalten, dagegen zeigten sich solche der Epiphyse bei 900 m zweimal und zwar ohne Kontinuitätstrennung, bei 600 m einmal ebenfalls ohne Kontinuitätstrennung, bei 300 m einmal mit Fraktur, bei 100 m einmal mit einer sehr langen Fraktur (14 cm).

Ein Lochschuss wurde an der Diaphyse nie erzielt, dagegen an der Epiphyse bei Entfernungen von 300 m und darüber, und zwar erhielt ich solche bei 300 m einmal mit haarfeiner Fissur um den Ausschuss aber ohne jede Splitterung, bei 600 m zweimal (im 1. Fall mit Fissur im 2. mit Splitterung), bei 900 m einmal mit Fissur, bei 1200 m dreimal und zwar in einem Fall ohne in 2 Fällen mit Fissuren.

Was die Frakturen betrifft, so erhielt ich solche an der Epiphyse: unter 3 Schüssen bei 1200 m: 0, unter 4 Schüssen bei 900 m: 1, unter 3 Schüssen bei 600 m: 1, unter 4 Schüssen bei 300 m: 3, bei einem Schuss bei 100 m Zersplitterung, bei einem Schuss bei 12 m ebenfalls Zersplitterung. An der Diaphyse ergaben sich Frakturen unter 3 Schüssen bei 1200 m: 2, unter 5 Schüssen bei 900 m: 5, unter 5 Schüssen bei 600 m: 5, unter 4 Schüssen bei 300 m: 4, unter 7 Schüssen bei 100 m: 7, und unter 4 Schüssen bei 12 m: 4.

Was die Ausdehnung der Frakturen an der Diaphyse bei den

1) 5 Protokolle davon bei dem hyd. Druck (siehe Nr. 223—227).

verschiedenen Entfernungen betrifft, so ist dieselbe bei 1200 m: 3.5—8 cm, bei 900 m: 6—10 cm, bei 600 m: 4—12 cm, bei 300 m: 5—13 cm, bei 100 m: 8—14 cm, bei 12 m: 7.5—13 cm.

Der Schuss auf kurze Knochen ergab bei 1200 m eine Fraktur, 3 Schüsse auf platte Knochen erzielten bei 900 m einen Lochschuss (Scapula), bei 300 m Lochschuss (Scapula), bei 12 m ebenfalls Lochschuss (Darmbein). Bei Schüssen auf Schädel erhielt ich bei 900 m einen Lochschuss.

Die Gestaltung der Bruchlinien an der Diaphyse der Röhrenknochen war in der Regel eine ganz typische. Vom Ein- und Ausschuss nach auf- und abwärts divergierend verlaufende Bruchlinien lösten gewöhnlich 2 seitliche Splitter. Auch scheinbar anders gestaltete Frakturen liessen sich, wenn die Fragmente reponiert wurden, fast immer auf diesen Typus zurückführen. Die Zahl und Grösse der Splitter hängt ab von der Entfernung, aus welcher geschossen wird. Mit Zunahme der Distanz werden die Fragmente grösser und ihre Anzahl geringer, sie bleiben in der Regel im Zusammenhang mit dem Periost oder zeigen nur geringfügige Ablösungen, während bei kürzesten Distanzen die Splitter kleiner und entsprechend zahlreicher sind, dabei zeigt sich weitgehende Periostablösung. Die Markhöhle wird in den meisten Fällen nur in der Ausdehnung eröffnet, in welcher Fragmente vom Knochen abgelöst sind, nur in einem Fall habe ich die Zerstörung des Markraums um 1 cm weiter schreiten sehen.

Die Resultate meiner Schiessversuche auf Leichen dürften in der Beantwortung der folgenden Fragen, die bei Betrachtung der durch den Schuss verursachten Verletzungen nahegelegt werden, zusammenzufassen sein:

Wie erklärt sich die kleine rundliche Einschussöffnung in der Haut gegenüber der viel grösseren aber keinen Substanzverlust zeigenden Ausschussöffnung? Was ist der Grund für die schlitzförmige Gestaltung der letzteren? und woher kommt es, dass der Durchmesser der Einschussöffnung bei Schüssen aus verschiedenen Distanzen annähernd gleich ist und bei solchen aus der Nähe sogar grösser zu sein scheint als bei solchen aus grosser Entfernung?

Warum ist der Schusskanal in der Muskulatur vor dem getroffenen Knochen enger und glatter als der hinter dem Knochen? Worauf ist die zerfetzte Beschaffenheit der Wände des letzteren zurückzuführen?

Warum kommen Rinnen- und Lochschüsse an der Diaphyse

niemals, an der Epiphyse nur beim Schiessen aus grossen Entfernungen zu Stande?

Wie kann man die explosive Wirkung der Geschosse auf die Diaphysen der Röhrenknochen erklären und worin ist es begründet, dass die Splitterung derselben bei Schüssen aus verschiedenen Distanzen annähernd gleiche Ausdehnung zeigt?

Welche Faktoren kommen bei der Deformation des Bleigeschosses in Betracht?

Diese Fragen werde ich im nächsten Kapitel des genaueren theoretisch und experimentell auseinandersetzen und am Schlusse derselben der Reihe nach beantworten.

Viertes Kapitel.

Theoretische und experimentelle Erklärung der explosiven Geschosswirkung.

Im vorhergehenden Kapitel haben wir die verheerenden Wirkungen des Geschosses kennen gelernt. Man begreift leicht, dass die dabei auftretenden Erscheinungen von jeher das grösste Interesse der Fachgelehrten wachgerufen haben, und dass zur Erklärung derselben eine Reihe von Theorien aufgestellt wurden, die wir in Folgendem nacheinander besprechen und auf die Stichhaltigkeit ihrer Gründe untersuchen wollen. Man hat die explosive Geschosswirkung zu erklären gesucht durch:

1) Luftdruck.
2) Rotation des Geschosses.
3) Erhitzung des Geschosses.
4) Deformation des Geschosses.
5) Hydraulischen Druck.
5) Rein mechanische Momente.

1. Luftdruck.

An dieser Stelle ist des näheren zu betrachten: die Luftstreifschüsse, das Eindringen der Luft in Schusswunden und die direkte Einwirkung der Pulvergase auf Schusswunden.

a) Die Luftstreifschüsse.

Die Luftstreifschüsse spielten in früherer Zeit eine grosse Rolle. Man erklärte sich ihr Zustandekommen so, dass beim Vorbeifliegen grosser Geschosse die Luft mit ungeheurer Kraft zur Seite gestossen werde, und nahm an, dass dieser Luftdruck im Stande sei, schwere Verletzungen hervorzurufen. Man war früher besonders in all den Fällen stets geneigt einen Luftstreifschuss anzunehmen, wo an Toten ausgedehnte innere Verletzungen oder Zertrümmerung der Knochen sich vorfanden ohne wesentliche Beschädigung der äusseren Hautdecken. In neuerer Zeit hat man die Möglichkeit von Luftstreif-

schüssen mit Recht geläugnet und sie, wie das Elektrischwerden der Kugel und deren Entladung mittelst elektrischen Schlages, sowie den luftleeren Raum, der sich hinter dem Geschoss bilden und unter Umständen den Erstickungstod herbeiführen sollte, ins Gebiet der Fabel verwiesen. Ein verhältnismässig so kleiner Körper wie ein Geschoss kann unmöglich in der Weise auf die dasselbe umgebende leicht verschiebliche und ausweichende Luft in dem gleichsam unbegrenzten Raum ausüben, dass diese den Körper irgendwie zu schädigen im Stande ist; auch hat die Erfahrung gezeigt, dass Verletzungen durch grosse Geschosse, wie Abreissung des Kopfes vorkamen, ohne dass der in der Nachbarschaft des Getroffenen Stehende etwas von dem Luftdruck gespürt hätte, und dass durch das Geschoss Ausrüstungsstücke, selbst Teile des eigenen Körpers weggerissen wurden, ohne dass der Betreffende unter dem Luftdruck gelitten hätte.

Beck, der in den Feldzügen 1848 und 1849 Gelegenheit hatte, Verletzungen durch grosse Geschosse (Passkugeln, sphärische Granaten und Bomben) zu beobachten, hat sich durch auf den Verbandsplätzen vorgenommene Obduktionen oder bei Zertrümmerung von Gliedmassen ohne äussere Wunde nach Absetzung derselben überzeugen können, dass es sich in solchen Fällen nicht um Luftdruck, sondern um eine direkte Einwirkung des Geschosses auf den Körper handelte, das denselben entweder matt oder unter stumpfem Winkel getroffen hatte, so dass, während die äusseren Bekleidungsstücke und die Haut vermöge ihrer Elastizität nicht durchdrungen wurden, wesentlich die in der Tiefe gelegenen Gebilde eine Schädigung erlitten.

„Ich habe“, schreibt Beck [1]), „Ober- und Unterschenkel abgesetzt, welche einem mit Glasscherben gefüllten ledernen Sack glichen, in welchem bei intakter Haut die tiefer gelegenen weichen und harten Gebilde zertrümmert waren. Bei Eröffnung von Leichen solcher angeblich an Luftdruck Verstorbener fand ich im Bereich des Rumpfes dicht unter der Haut stets schon Veränderungen der Gebilde infolge direkter Einwirkung des Geschosses, wie Zerreissungen der Muskulatur, Brüche der Rippen, der Wirbelsäule, ausgebreitete Zusammenhangsstörungen der Eingeweide, der Lunge, des Herzens, der Leber, grosse Gefässkämme u. s. w. Die heftige Erschütterung der Zentralorgane des Nervensystems, wie die mate-

1) B. v. Beck, Ueber die Wirkung moderner Gewehrprojektile. S. 46.

riellen Läsionen der wichtigsten Gebilde hatten sofort dem Leben ein Ende gemacht."

b) Das Eindringen der Luft in Schusswunden.

Magnus[1]) hat über das Eindringen von Geschossen in Flüssigkeit folgende Beobachtungen gemacht: „Wenn ein Körper aus einer Höhe in das Wasser fällt, so bringt er eine Vertiefung in dem Wasser hervor, welche einen grösseren Querschnitt hat als der fallende Körper und deren tiefste Stelle dieser selbst einnimmt. Besitzt der fallende Körper eine ziemlich bedeutende bewegende Kraft, so erstreckt sich die Vertiefung so weit hinab, dass das Wasser an der Oberfläche bereits wieder zusammengeflossen ist und dieselbe geschlossen hat, bevor ihre Bildung nach unten vollendet ist. Alsdann bleibt Luft in ihr eingeschlossen, die später in Gestalt einer Blase wieder zur Oberfläche gelangt. Je nach der Stärke der Propulsionskraft ist der Trichter tiefer, die Masse der eingeschlossenen Luft grösser, so dass das Volumen der Luft vielmal grösser sein kann als das des Projektils."

Von dieser Theorie abweichend hat Melsens[2]) den Satz aufgestellt, die Luft folge nicht nur der in das Wasser dringenden Kugel nach, sondern die Kugel treibe auch Luft vor sich her, so dass also Luft vor der Kugel in das Wasser dringe und der Kugel den Weg bahne. Unter den Experimenten, welche zum Beweis für diese letztere Ansicht angestellt wurden, verdient besonders das von Larogue[3]) aus Toulouse Erwähnung. Derselbe nahm einen vorn mit einer Bleikappe versehenen Cylinder von Hollundermark und liess ihn in ein mit Wasser gefülltes Cylinderglas fallen. Wegen des spezifischen Gewichtes verringert sich die Fallgeschwindigkeit des Cylinders im Wasser, und das obere Ende desselben kommt nicht unter Wasser, so dass der Abschluss des Wassers über demselben nicht zu Stande kommen kann. Larogue beschrieb nun, dass fast bei jedem Fallexperimente eine grosse Anzahl Luftblasen im Wasser aufsteigen, und dass man zuweilen eine Luftblase deutlich vor der Bleikappe herlaufen sehe.

Der Streit der beiden Autoren (Magnus und Melsens) dreht sich also darum, ob die bei dem Fall des Körpers in das

1) Poggendorffs Annalen 1855, S. 49.
2) Compt. rendus 1867.
3) Compt. rendus 1867, p. 796.

Wasser eindringende Luft ausschliesslich dem Körper nachfolgt, oder ob ein Teil derselben vor dem Körper hergetrieben wird, vor demselben in das Wasser eindringt.

Um dieser Streitfrage auf den Grund zu kommen, hat Busch[1]) eine Reihe von interessanten Versuchen angestellt, indem er Körper in Flüssigkeiten fallen liess. Er bediente sich hiezu einer Blechscheibe, die in ihrer Mitte von einem Loch durchbohrt war; dasselbe war so gross, dass die Kugel, deren er sich bediente, mit ihrem grössten Durchmesser es nicht passieren konnte. Die Scheibe ist mittelst dreier Stäbe an einem weiter oben befindlichen Blechring befestigt, welcher auf dem oberen Rande eines cylindrischen Glases ruhte. Als Fallkörper benützte er teils gewöhnliche Flintenkugeln von 30 gr Gewicht, teils schwere Bleibirnen von 136 gr Schwere. Damit dieselben genau senkrecht herabfielen, war an jedem ein längerer Draht angeschmiedet, an welchem eine Schnur geknüpft wurde, die über eine Rolle so befestigt war, dass beim Abbrennen der Schnur die Kugel genau in das Loch der Blechscheibe fiel. Hiebei fand er, dass eine Flintenkugel, welche aus der Höhe eines halben Fusses fällt und nur dreiviertel Zoll Wasserhöhe bis zur Scheibe zu durchdringen hat, keine Luftblasen vor sich hertreibt, sondern nur hinter sich aufsteigen lässt. Bei einer Fallhöhe von einem Fuss fand er ein oder zwei Bläschen von unbedeutendem Volumen vor der Kugel hergedrängt. Je mehr die Fallhöhe zunahm, um so bedeutender war das Volumen der vor der Kugel hergetriebenen Luft, so dass bei ca. 5 Fuss Höhe eine beträchtliche Anzahl Blasen den unteren Rand der Scheibe bedeckten.

Ferner hat Busch bewiesen, dass in ähnlicher Weise wie mit der Fallhöhe auch mit dem Gewicht des Projektiles das Volumen der vor demselben hergetriebenen Luft wächst, so dass z. B. bei Fallhöhen, in welchen die Flintenkugel kein Luftbläschen abwärts brachte, das birnförmige Blei von 136 gr schon Luftbläschen vor sich her trieb, und dass bei bedeutenderen Höhen die Masse der von dem schweren Gewicht herabgetriebenen Luft auffallend viel grösser war als bei der Flintenkugel.

Wenn man anstatt des leicht ausweichenden Wassers einen zäheren Körper (Glycerin) nahm und dadurch den Widerstand der Flüssigkeit gegen den fallenden Körper verstärkte, so sah man,

1) Langenbeck's Archiv Bd. XVIII. S. 218.

dass bei Fallhöhen, in welchen die Flintenkugel durch das Wasser Luft vor sich her trieb, dies hier nicht mehr der Fall war. Erst bei bedeutenderer lebendiger Kraft erschienen wieder winzige Bläschen auf der unteren Scheibenfläche. Das starke Gewicht bewirkte dies schon bei geringerer Fallhöhe; immer fanden sich aber viel weniger Luftblasen als beim Fall des gleichen Projektils bei gleicher Höhe durch Wasser.

Aus den von Busch angestellten Experimenten geht hervor:

1) dass bei sehr geringer lebendiger Kraft des fallenden Körpers die Luft über dem Wasser Zeit hat, vollständig vor dem Projektil auszuweichen;

2) dass bei einiger Steigerung der Kraft nicht alle Luft mehr ausweichen kann, sondern dass etwas Luft gezwungen wird, vor der Kugel herabzusteigen;

3) dass die Masse der vorgetriebenen Luft mit der Steigerung der lebendigen Kraft zunimmt;

4) dass bei Verstärkung des Widerstandes eine grössere lebendige Kraft dazu gehört, um Luft vor dem Projektile durch den betreffenden Körper zu treiben, als die bei einem Körper von geringerem Widerstande geschieht, denn die Luft muss mit stärkerer Kraft abwärts gedrückt werden, sonst drängt sie die zähere Flüssigkeit nicht auseinander und weicht seitlich aus;

5) dass die Masse der hinter der Kugel folgenden Luft grösser ist als die Masse der vorhergetriebenen und

6) dass bei den geringen Fallhöhen, bei denen noch gar keine Luft vorhergetrieben wurde, hinter der Kugel Luftbläschen aufsteigen.

Um nun zu finden, ob diese Thatsachen auch beim Durchschlagen des Geschosses durch feste Körper Geltung haben, hat Busch weitere Versuche angestellt.

Er nahm ein cylindrisches Gefäss, welches mit Glycerin gefüllt war, so dass die Flüssigkeit einen kleinen Berg auf der Oberfläche bildete und zog über dieselbe vorsichtig Seidenpapier, so dass zwischen diesem und der Flüssigkeit keine Luftblasen vorhanden waren. Nachdem das Papier um den Hals des Glases befestigt war, liess man aus der Höhe von einigen Fuss einen cylinderförmigen Körper herabfallen, welche etwas länger war als das die Flüssigkeit enthaltende Glas. Er verwendete hiezu Mastdarmbougies von Hartgummi, in welche er, um dieselben schwerer zu machen und den Schwerpunkt mehr nach der abgerundeten unteren Fläche zu verlegen, etwas Quecksilber hineingoss. Wenn ein solcher Körper das

Seidenpapier durchbohrt, muss jedenfalls etwas Glycerin, da es sich nicht komprimieren lässt, ausweichen; es wird daher zwischen dem eindringenden Körper und dem Lochrande des Seidenpapiers ausweichen und dadurch verhindern, dass Luft seitlich mitgerissen wird. Bei jedem derartigen Fallexperiment sieht man deutlich, dass sich grosse Mengen von Luftblasen vom Boden des Gefässes entwickeln, sobald der Cylinder unten angekommen ist.

Um das zu durchbrechende Hindernis über der Flüssigkeit zu verstärken, nahm Busch anstatt des Seidenpapiers einen Kautschuklappen, welchen er über ein 2 Fuss hohes, mit durch Erwärmung möglichst von Luft befreitem Wasser gefülltes Gefäss straff zog. Den Boden des letzteren bedeckte er mit einer dünnen Schicht Sand, damit die Wucht des Stosses das Glas nicht sprengte. Als Projektile dienten etwas mehr als 2 Fuss lange Holzcylinder, welche an ihrem unteren Ende ein in Form einer Mitrailleusenkugel gearbeitetes Bleistück trugen. An einem Holzstab wog dasselbe 10 Lot, an dem andern 20 Lot. Diese Stäbe wurden mittelst einer Schnur über einer Rolle in der Weise aufgehängt, dass, wenn die Schnur oben durchtrennt wurde, das Fallobjekt gerade die Mitte der Kautschukdecke treffen musste. Bei einer Fallhöhe von ungefähr 20 Fuss leistete das Gummizeug einen solchen Widerstand, dass das Projektil es erst durchbohrte, nachdem in der Mitte der Bleikappe eine feine scharfe Nadel angebracht war. Bei fast allen Experimenten hat Busch Luftblasen aus dem Sand aufsteigen sehen, sobald das Projektil den Boden des Gefässes berührte, nur waren dieselben nicht so gross und so zahlreich, wie bei den Experimenten mit Seidenpapier. Wahrscheinlich zwang also das stärkere Hindernis des Gummizeuges mehr Luft zum seitlichen Ausweichen zwischen ihm und dem eindringenden Körper.

Busch hat, um zu sehen, wie die Luft vor Projektilen mit grosser lebendiger Kraft sich verhält, noch festere und resistentere Körper zu seinen Experimenten herangezogen. Er benutzte hiezu z. B. einen 5 Zoll dicken Würfel von frischem Pferdefleisch oder ein Brett, beide auf Wasser schwimmend und hat beim Durchschiessen dieser Körper zwar das Aufsteigen von Luftblasen beobachtet, es liess sich dabei jedoch nicht erkennen, ob die Luftblasen vor der Kugel auftraten oder ihr nachfolgten, jedenfalls aber ist durch die Versuche Busch's erwiesen, dass Projektile im Stande sind, die Luft durch feste und resistente Körper hindurchzubringen.

Für die Annahme, dass das Geschoss beim Eindringen in feste

Körper Luft vor sich hertreibe, spricht auch die Beobachtung Steiger's, der in seiner Dissertation beschreibt, dass bei Schüssen mit Bronzekugeln gegen eine eiserne Platte die Mitte der Schussspur schwarz, die Peripherie bronziert erschien.

Als ferneren Beweis für diese Annahme führt Melsens die Beobachtung an, dass bei Schüssen auf Glas gerade bei grösster lebendiger Kraft des Projektils die Zerstörung eine bedeutendere ist, als bei mittlerer Geschwindigkeit. Er nimmt als Ursache für diese Erscheinung an, dass die vor der Kugel hergetriebene Luft die ausgedehnte Zerstörung bedinge.

Ebenso fand man beim Schiessen auf mit Kreide bestrichene Ziegel regelmässig, dass, während der Peripherie des Geschosses Kreide anhaftete, dasselbe in der Mitte Metallglanz zeigte.

Diesen Beobachtungen gegenüber behauptet Reger[1]), dass das moderne Geschoss in keiner Weise Luft vor sich komprimiere und solche auch nicht in den Schusskanal hineintreibe. Er sucht die Erscheinung des Lufteintritts in die Wunde auf andere Weise zu erklären und unterstützt seine Ansicht durch seinen eigenen Versuch, bei welchem an der Diaphyse der Tibia unter kolossalster Zertrümmerung eine ausgedehnte Seitensprengung nach allen Seiten sich zeigte und der Rest des das Mark stützenden Gewebes nach einigen Stunden vollkommen das Bild des traumatischen Emphysems darbot. Diese Erscheinung erklärt Reger folgendermassen: Da durch die stattgehabte Explosion, durch das Umherspritzen von Knochensplittern und des Markes eine ausserordentliche Verdrängung der Luft in weitem Umfang eingetreten war, so musste als natürliche Folge nach Nachlass der Explosion ein starkes Zusammenstürzen der Luft nach dem eben verlassenen, resp. bisher durch den Knochen ausgefüllt gewesenen Raum eintreten und dadurch Luft in die offenliegenden zertrümmerten Maschen des Zellgewebsgerüstes eingepresst werden.

Als Grund dafür, dass das Geschoss die Luft vor sich nicht komprimiere, führt er die ausserordentlich günstige Form der ogivalen Geschossspitze zum Durchschneiden der Luft an und sagt, dass „die Luft wie auf allseitigen schiefen Ebenen nach allen Seiten hin von dem eindringenden Geschoss abfliesst und keinen einzigen Strahl in sich reflektiert."

Mit diesem letzten Satz dürfte Reger doch zu weit gegangen sein, da, wie an anderer Stelle dieser Abhandlung auseinandergesetzt

1) Reger, Gewehrschusswunden der Neuzeit. S. 29.

wurde, die paraboloidische oder ogivale Spitze immerhin noch ein Viertel des vollen Luftwiderstandes zu überwinden hat.

Zur Erklärung des Lufteintritts vor der Kugel hat man schon daran gedacht, ob nicht das erhitzte Geschoss beim Einschlagen in eine Flüssigkeit aus derselben Gase entwickeln oder einen Teil derselben in Dampfform überführen könne, jedoch ist daran nicht zu denken, da einerseits die Einwirkung des Geschosses eine zu rasche ist, als dass irgend nennenswerte Quantitäten von Gas dadurch frei werden könnten, andererseits besitzt das erhitzte Geschoss bei weitem nicht die Temperatur, um Wasser in Dampf verwandeln zu können.

c) Die direkte Einwirkung der Pulvergase auf Schusswunden.

Dieselbe nahm Beck[1]) als Ursache von Kopfzerschmetterung bei Selbstmördern an, welche sich durch Ansatz der Gewehrmündung dicht unterhalb des Kinns oder Einführung derselben in den Mund entleibten. Er ist davon überzeugt, dass, wenn auch unter solchen Umständen statt der Platzpatrone eine scharfe benutzt wird, das Geschoss für sich nie die Ursache der ausgebreiteten Zerstörung sein kann, weil ihm schon der Weg durch die Gase erleichtert wird. Beck führt als Beweis für diese Behauptungen drei Fälle aus eigener Beobachtung an. In einem Fall hatte ein Soldat das Terzerol mit 3 Kugeln geladen und sich dasselbe in den Mund abgefeuert. Die 3 Geschosse lagen, nachdem sie durch eine grössere Oeffnung des Schädels ausgetreten waren, tot in der zur Seite geschleuderten Holzmütze, wogegen der ganze vordere Teil des Kopfes durch den Luftdruck in eine Masse von Stücken zerrissen war. In einem andern Fall bewirkte eine in dichter Nähe der Brust abgefeuerte Platzpatrone einen Bruch des Brustbeines; in einem dritten Fall entleibte sich ein Musketier durch einen Schuss mit einer Platzpatrone, welchen er sich in eigentümlicher Weise im Nacken dicht unterhalb des Hinterhaupthöckers beigebracht hatte. Die Haut wurde durch die Expansionsgase an vier Stellen spaltenartig getrennt und in Lappen zerrissen; in dem 12 cm grossen Loche fand sich die Muskulatur abgelöst und zerfetzt. Im Hinterhauptbein war eine Fissur zu bemerken, das Gewebe des Kleinhirns war infolge der Gefässrupturen von Blut durchdrungen in seiner Struktur kaum zu erkennen; im Wirbelkanal fand sich eine grosse Menge geronnenen

1) B. v. Beck, Ueber die Wirkung moderner Gewehrprojektile. S. 47.

Blutes. Hier trat der Tod sofort ein infolge der enormen Erschütterung des Gehirns, beziehungsweise des verlängerten Markes, verbunden mit Gefässzerreissungen, ohne dass der Schädel eingebrochen oder eröffnet war.

Reger[1]) hat bei seinen Schiessversuchen mit Platzpatronen beobachtet, dass einerseits die wassergefüllte Blechbüchse bei $1/2$ m Entfernung eine mässige Einbeulung mit manometrischer Anzeige von $1/4$ Atmosphärendruck, bei $1/4$ m Entfernung eine bedeutende Einbeulung mit Anzeige von 1 Atmosphäre zeigte, andererseits beim Abfeuern in das Tiermaul, indem er den mit Platzpatronen geladenen Lauf in das Maul eines Hammelkopfs steckte und dasselbe um den Lauf zuband, die ganzen Weichteile und die Unterkieferfortsätze hochgradig zerstört wurden.

Weil indessen behauptet wurde, der als Geschoss wirkende Pfropfen sei bei der Wirkung irrelevant und nur die Expansion der Pulvergase bewirke die Zerstörung, so wiederholte er dieselben Versuche mit einfachem Pulver ohne Pfropfen. Dabei fand Reger nun beim Schiessen auf die wassergefüllte Büchse eine ganz leichte von Kohlenpulver geschwärzte Einbeulung, beim Schiessen ins Maul eine Verbrennung im Innern des Rachens, sowie eine leichte Zerreissung des Musc. buccin. neben unverbrannten Pulverkörnern und sagt also, dies sei: „wohl der deutlichste Beweis, dass sogar der kleine Wachspfropfen, der doch bezüglich seines Gewichtes kaum und nur durch seine Masse als Geschoss zu rechnen sein dürfte, die bedeutendste Wirkung hervorbringt, während das blosse Pulver keine nur irgend erhebliche Wirkung aufwies.“

Die Pulvergase verlieren bei einer gewissen Entfernung ihre wesentliche Wirkung und werden schliesslich wirkungslos, so fand z. B. Beck[2]) durch angestellte Experimente, dass ein Schuss aus der Entfernung von 5 m keinen Einfluss mehr auf einen lose befestigten Papierbogen äusserte, in einer Entfernung von weniger als 4 m bewegte sich derselbe in kaum sichtbarer Weise; je kürzer nun die Distanz (3 m) wurde, desto mehr machte sich der Luftdruck bemerkbar, der aber erst in dichter Nähe an Energie gewann.

Ich habe also im Vorhergehenden auseinandergesetzt, dass der Luftdruck, sei es als Luftstreifschuss oder als direkte Einwirkung der Pulvergase, nicht als eine wesentliche Ursache der explosiven Wirkung des Schusses im menschlichen Körper angesehen werden kann.

1) Deutsch. militärärztl. Zeitschr. XVI. S. 199.

2) a. a. O. S. 47.

2) Rotation.

Die Rotation des Geschosses wird, wie schon an anderer Stelle ausgeführt wurde, bedingt durch den Drall der Züge, sie verleiht der Flugbahn eine grössere Stabilität und lässt den Widerstand leichter überwinden als die einfache Propulsion. Busch [1]) betont in seinen Mitteilungen über Schiessversuche, dass ein Hauptfaktor für die explosive Wirkung des Geschosses und das Zustandekommen des kegelförmigen Schusskanals, neben Bleiabschmelzung und hydraulischem Drucke auch die durch die rotatorische Bewegung des Geschosses hervorgebrachte Zentrifugalkraft sei.

Er stellt die Sache so dar, dass beim Aufschlagen des Geschosses durch die Umsetzung eines Teiles der Bewegung in Wärme, Bleistücke abschmelzen; diese sowie die abgesprengten Knochensplitter sollen eine bedeutende rotatorische und zentrifugale Kraft erhalten, welche im Verein mit der Rotation des Geschosses die berührten Teile mit in die Bewegung hineinziehe, wodurch ein Wirbel derselben durch Rotation und Zentrifugalkraft entstehe.

Die Unhaltbarkeit dieser Theorie hat neben Vogel und Wahl auch Reger [2]) theoretisch dargethan. Der letztere führt aus, dass wohl ein in kurzen, fast parallelen Windungen rotierender Körper beim Eindringen in einen Widerstand, je nach der Konsistenz und Kohärenz der Teilchen des letzteren, die umgebenden Schichten nacheinander in den Kreis seiner Bewegung ziehen werde, dass aber diese Verhältnisse sich nicht anwenden lassen auf ein mit intensiver lebendiger Kraft anstürmendes Geschoss, bei dem die geringe Rotation der enormen Propulsion gegenüber kaum in Betracht kommt.

Reger hat berechnet, dass auf je 55 cm Weg eine Umdrehung des Geschosses um seine Axe erfolgt; bei 1 cm Weg wird bei der 37 mm betragenden Peripherie des 11 mm Kalibers eine Verschiebung um 0.7 mm stattfinden, somit 1) bei dem Durchbohren einer Tibia-Knieepiphyse von 10 cm um 7 mm, 2) bei dem eines Schädels im queren Durchmesser von 14 cm um 9.85 mm, 3) bei dem sagittalen Durchmesser von 17 cm eine solche von 11.9 mm.

Auch experimentell ist die Unrichtigkeit von Busch's Ansicht demonstriert worden. Kocher [3]) fand nämlich beim Schiessen mit Rundkugeln, welche keine Rotation besitzen, auch bei Weichteilen

1) Langenbeck's Archiv Bd. XVII. S. 169.
2) Reger, Gewehrschusswunden der Neuzeit. S. 73.
3) Kocher, über Schusswunden S. 63.

und Epiphysen, bei welchen, wie Busch behauptet, die Rotation hauptsächlich zur Wirkung kommen sollte, dieselben explosiven Wirkungen, wie man sie mit dem rotierenden Langgeschoss erhielt.

3) Erhitzung des Geschosses.

Schon in dem ersten Jahrhundert nach Einführung der Feuerwaffen machte sich unter den damaligen Aerzten die Ansicht geltend, dass die Schusswunde durch das erhitzte Geschoss verbrannt werde. Allein schon in der Mitte des 16. Jahrhunderts versuchten Maggi in Italien und Ambroise Paré in Frankreich ziemlich zu gleicher Zeit diese Annahme zu widerlegen und wenn auch in neuerer Zeit die obige Theorie in Velpeau, der die Schusswunden mit Wunden verglich, welche durch das Stossen eines glühenden Stabes durch ein Glied erzeugt wurden, einen warmen Vertreter fand, so ist doch jetzt mit Sicherheit festgestellt, dass von Verbrennung durch das Geschoss keine Rede sein kann.

Dass das Geschoss eine Erwärmung erfährt, ist eine bekannte und nicht zu bestreitende Thatsache, es handelt sich also nur darum, den Grad dieser Erwärmung festzustellen.

Ehe wir näher auf diese Frage eingehen, empfiehlt es sich zu fragen, woher es kommen kann, dass das kalt in den Gewehrlauf geladene Geschoss plötzlich erwärmt oder erhitzt wird. Der möglichen Erwärmungsursachen sind es vier: die Berührung des Geschosses mit den Pulvergasen, seine Reibung an den Seelenwänden des Gewehrlaufes, seine Reibung an der atmosphärischen Luft und die plötzliche Hemmung seiner Bewegung durch das getroffene Ziel.

a) Die Berührung des Geschosses mit den Pulvergasen.

Man hat berechnet, dass die Pulvergase im Moment der Explosion eine Temperatur von über 3000° besitzen, dieselben wirken aber nur so kurze Zeit auf das Geschoss, dass sich nur ein geringer Teil dieser Wärme dem Geschoss mitteilen kann. Dieser Teil wird um so grösser sein, ein je grösseres Stück der Geschossoberfläche von den Gasen berührt wird. Die sphärische Kugel des Vorderladers, die das glatte Rohr nicht ganz ausfüllt, bietet ihnen mindestens die halbe Oberfläche, einen ebenfalls beträchtlichen Teil derselben bieten die s. g. cylindro-konischen Hohlgeschosse ohne Treibspiegel, den geringsten die hinten glatt abgeschnittenen Geschosse. Die modernen Langgeschosse kommen gar nicht mehr in Berührung mit den Pulvergasen, da dieselben von der Pulverladung

durch Kartonblättchen und Wachspfropfen getrennt sind, und gerade der letztere bietet einen Beweis dafür, dass die Temperaturerhöhung des Geschosses durch die Pulvergase keineswegs beträchtlich sein kann, da man ihn in der Regel, obgleich er mit seinen Kartonblättchen den Gasen zunächst ausgesetzt und sein Schmelzpunkt ein sehr niederer ist, völlig unversehrt nach dem Schuss auffindet.

b) Reibung des Geschosses an den Seelenwänden.

Von grösserem Einfluss auf die Erwärmung des Geschosses als die Berührung mit den Pulvergasen wird die Reibung desselben an den Seelenwänden des Laufes sein.

Nur sehr unbedeutend war dieselbe bei dem glatten Lauf des Vorderladers, wo der Durchmesser des Geschosses kleiner war als das Kaliber des Laufes und das Geschoss infolge seiner Grösse und Gestalt beim Verlassen des Laufes nur gegen einzelne Stellen desselben anprallte; die hiedurch erzielte Temperaturerhöhung war jedenfalls eine so geringe, dass sie nicht in Betracht kam. Ebenso frei von Reibung und infolge dessen von Erwärmung blieb das preussische Langblei, da bei demselben der zwischengelagerte Zündspiegel in den Lauf gepresst wurde und die Reibung zu erleiden hatte, während das Geschoss selbst vollständig unverändert die Mündung des Laufes verliess. Sehr beträchtlich dagegen ist die Reibung des Geschosses bei unsern modernen Gewehren. Das cylindrische Geschoss derselben steht in seiner grössten Länge mit den Seelenwänden in Berührung, die geriebene Oberfläche desselben ist also eine verhältnismässig grosse, ferner ist der Durchmesser des Geschosses grösser als das Kaliber des Laufes, das Geschoss muss in den Lauf hineingepresst werden, und schliesslich setzen die in die Seele des Laufes hineinragenden, gewundenen Züge dem andringenden Geschoss einen bedeutenden Widerstand entgegen, das Geschoss wird also durch die Reibung eine beträchtliche Erwärmung erfahren. Noch gesteigert kann diese Temperatur dadurch werden, dass nach längerem Schnellfeuer der Lauf selbst sich bedeutend erhitzt, denn die aus gleicher Ursache eintretende Vergrösserung des Rohrkalibers, welche die Reibung verringern würde, ist bei den kleinen Raumverhältnissen sicher nicht von wesentlichem Einfluss und wird zum Teil durch die Ausdehnung des erhitzten Geschosses selber kompensiert.

Wie hoch durch die bis jetzt besprochenen zwei Momente, die Berührung mit den Pulvergasen und die Reibung an den Seelenwänden, die Erwärmung des Geschosses gebracht werden kann, ist zur Zeit noch nicht nachgewiesen, die hypothetischen Annahmen

der Physiker schwanken darüber: Hagenbach[1]) nimmt an, dass das Chassepot-Geschoss in dem Augenblick, wenn es in die Luft eintritt, eine Temperatur von etwa 100° hat, Bodynski[2]) taxiert dieselbe wohl zu hoch mit 300°.

c) Reibung der Geschosse mit der atmosphärischen Luft.

Dieses dritte Moment dürfte bei dem verhältnismässigen geringen Widerstand, den die atmosphärische Luft dem Geschoss darbietet von untergeordneter Bedeutung sein und darf wohl ohne wesentlichen Schaden bei der Berechnung der Erwärmung, welche die Kugel erfährt, ziemlich unberücksichtigt bleiben, immerhin aber wird, wie Richter[3]) sagt, „die Reibung mit der atmosphärischen Luft während der Dauer des Fluges wohl ausreichen, eine Herabsetzung derjenigen Temperatur fernzuhalten, die das Projektil beim Verlassen des Rohres angenommen hat.“

d) Plötzliche Hemmung der Bewegung des Geschosses durch das getroffene Ziel.

Im Jahre 1834 hat man bei Gelegenheit von Schiessversuchen mit Kanonenvollkugeln bei Metz die Thatsache konstatiert, dass das in festen Kalkstein eingedrungene Geschoss den Kalk vollständig gebrannt hatte, so dass derselbe selbst nach einer Stunde noch heiss anzufühlen war. Seitdem man diese erste zufällige Erfahrung gemacht, hat man viele ähnliche Erscheinungen bei Geschossen, welche in ihrer Bewegung plötzlich gehemmt wurden, gelegentlich und auch auf experimentellem Wege beobachtet. Gegenwärtig, wo nach Aufstellung der Lehre von der Erhaltung der Kraft durch das Gesetz von dem mechanischen Wärmeäquivalent auch die wissenschaftliche Erklärung für diese Erscheinungen gegeben ist, gilt es als unbestrittene Thatsache bei allen Kriegschirurgen, dass die Hauptwärmequelle des geschleuderten Geschosses in der plötzlichen Hemmung seiner Bewegung durch das getroffene Ziel zu suchen ist.

Nachdem wir im vorhergegangenen die einzelnen Momente betrachtet haben, welche die Erwärmung des Geschosses bewirken können, wollen wir näher auf die Frage eingehen, bis zu wel-

1) Hagenbach, Ueber die Schmelzung bleierner Geschosse durch Aufschlagen auf eine Eisenplatte. Poggendorf's Annalen Bd 140.

2) J. Bodynski, Ueber die Temperaturerhöhung abgefeuerter bleierner Geschosse und Schmelzung derselben durch Aufschlagen auf Eisen- und Steinplatten. Poggendorf's Annalen Bd. 145.

3) Richter, Schussverletzungen im Kriege. S. 99.

chem Grad das Geschoss überhaupt beim Schiessen erwärmt oder erhitzt werden kann, mit andern Worten ob die Geschosstemperatur eine Höhe erreichen kann, die hinreichend ist, das Blei zum Schmelzen zu bringen oder nicht. Die Ansichten der einzelnen Autoren gehen in diesem Punkt auseinander, während die Einen behaupten, dass das Bleigeschoss gegen sehr resistente Ziele, wie z. B. starke Eisenplatten, oder selbst gegen weniger feste, wie gegen menschlichen Knochen geschossen schmelze, sind die Andern der Meinung, das Blei wird beim Schiessen gegen feste Gegenstände zwar warm, sogar heiss, aber es schmilzt nicht.

Unter den Anhängern der Schmelzungstheorie sind zu nennen: Pirogoff, Billroth, Richter, v. Bergmann, Schlott, H. Fischer u. A. Sie unterstützen ihre Ansicht durch viele Erfahrungen und angestellte Experimente und führen hauptsächlich als zu ihren Gunsten sprechend die Thatsache an, dass das Geschoss häufig genaue Abdrücke des getroffenen Körpers macht, während auf der andern Seite die Gegner der Schmelzungstheorie gerade im Vorhandensein dieser Abdrücke einen Beweis gegen die Schmelzung erblicken.

Percy erzählt, er habe am Lebenden zwischen zwei Knochenschichten eine Kugel wie ein Geldstück plattgedrückt gefunden, derartig, dass er nur einige Linien ihrer Oberfläche durch die Eingangsöffnung habe sehen können. Derselbe Autor führt einen von Göckel am Lebenden beobachteten Fall an, wo nach Durchschlagung der äusseren, aber bei Unversehrtheit der inneren Schädellamelle sich das Blei der breitgeschlagenen Kugel so fest zwischen beiden in die Diploezellen eingedrängt hatte, dass es auf keine Weise wieder herausgeschafft werden konnte. Endlich hat Percy gesehen, wie ein Geschoss sich nadelförmig mit einem spitzen Fortsatz in eine enge Schädelwunde hineingetrieben habe, während der grösste Teil desselben als Nagelkopf aussen haften gebliebeu sei. Thomson[1]) fand ebenfalls solche plattgedrückte Geschosse, z. B. zwischen den beiden Tafeln der Schädelknochen. Ausserdem beobachtete er, dass eine Kugel an einem ziemlich stumpfen Knochenrande, z. B. dem der Kniescheibe, oder an der Spina scapulae sich in zwei Hälften spalten könne, ohne den Knochen selber einzubrechen, sah auch,

1) Beobachtungen aus den britischen Militärhospitälern in Belgien nach der Schlacht von Waterloo; aus dem Englischen übersetzt von Bulk 1820.

dass Kugeln, die in die Enden langer Knochen eingekeilt waren, Eindrücke von dem zelligen Bau derselben annahmen.

Hennen[1]) sah eine Kugel sich an einem Vomer in zwei Hälften teilen, ist aber der Ansicht, dass Geschosse auch ohne weitere mechanische Ursache einfach wegen eines beim Giessen entstandenen Risses zersplittern. Dupuytren[2]) macht darauf aufmerksam, dass Bleikugeln, die gegen Stein oder Eisen geschossen werden, sich bisweilen, namentlich bei rechtwinkligem Aufschlagen, in eine grosse Anzahl von Fragmenten zerteilen, ja wie Staub auseinanderfahren, trotzdem aber noch im Stande sind, unangenehme Zerstörungen zu bewirken. Derselbe hat gelegentlich des Pariser Strassenkampfes vom Jahre 1830 mehrfach beobachten können, dass besonders an konkaven Steinflächen das aufschlagende Geschoss sich vielfach geteilt und der Verlauf der einzelnen Fragmente sich durch eine Anzahl Bleistreifen auf der Oberfläche des Gesteins abgebildet hatte. Des weiteren ergibt sich aus den interessanten experimentellen Beobachtungen Dupuytren's, dass, wenn man eine Bleikugel gegen ein dickes Bleiziel schiesst, dieselbe bis auf eine gewisse Tiefe in dasselbe eindringt und dort am Ende ihrer Flugbahn so vollständig in die Substanz der Scheibe eingeht, dass man ausser Stande ist, die Grenze zwischen ihnen irgend zu unterscheiden.

Stromeier[3]) hat die Beobachtung gemacht, dass das Blei der Kugel manchmal in der spongiösen Substanz des von ihm getroffenen Knochen so fest sitze, als sei es eingeschmolzen.

Schon erwähnt haben wir als Beweis für die starke Erhitzung des Geschosses, die 1834 zu Metz angestellten Schiessversuche, bei welchen das Projektil selbst nach einer Stunde noch so heiss war, dass man bei Berührung sich daran brannte. Bei ferneren Schiessversuchen gegen eiserne Platten von 3″ Stärke wurden Zerschellungen des Geschosses und starke von Rissen umgebene Eindrücke in der Platte erzeugt, die infolge der starken Erhitzung eine blaue Farbe annahm.

Hagenbach in Basel fand bei seinen Schiessversuchen, bei denen er als Zielscheiben starke Platten mit Eisenblech anwandte, gegen welche er mit bleiernen Expansionsgeschossen schoss, die mit einer Endgeschwindigkeit von etwa 350 m auftrafen, dass die am

1) Grundsätze der Militär-Chirurgie. Aus dem Englischen übersetzt, Weimar 1822.

2) Leçons orales. Paris 1839.

3) Maximen der Kriegsheilkunde. Hannover 1864.

Ziel niederfallende Masse des Geschosses nicht mehr wie ursprünglich 40 gr., sondern nur noch 13 gr. wog; dafür sah man um den Punkt herum, wo das Geschoss aufgeschlagen war und eine kleine Einbiegung in der Eisenplatte verursacht hatte, die Spuren davongespritzten geschmolzenen Bleis in Form eines weissen Sternes ausstrahlen; auch will er in der Nähe der Scheibe Tropfen des geschmolzenen Metalls gefunden haben. Der noch zusammenhängende 13 gr. schwere Rest des Geschosses soll eine ganz eigentümliche Gestaltung gezeigt haben, zu deren Entstehung aus der ursprünglichen Gestalt des Projektils eine starke Erweichung des Bleis notwendig vorausgesetzt werden musste.

Socin hat eine blaue Verfärbung der Einschussränder beobachtet, welche er als einen durch die stattgehabte Erhitzung verursachten Brandschorf erklärte, auch fand er Bleimassen, welche erstarrten Bleitropfen glichen und breitgedrückte Stücke mit irisierenden Farben.

Was die blaue Verfärbung der Einschussmündung betrifft, so behauptet Reger[1]), dass dieselbe einfach bedingt sei durch ein Abstreifen des Pulverschleims, welchem vielleicht noch einige Bleipartikelchen beigemischt seien, die vom vorhergehenden Geschosse im Lauf liegen geblieben, durch den folgenden Schuss zugleich mit dem Pulverschleim am Ziel abgestreift werden, oder aber seien sie zurückzuführen auf durch etwas mattere Schüsse hervorgerufene Sugillationen, während die spätere braune Verfärbung der Ränder von der durch die starke Quetschung hervorgerufenen Nekrose der Haut herrühre.

Busch macht darauf aufmerksam, dass die Haare des geschossenen Rotwilds am Einschusse versengt wären.

Auch diese Beobachtung weist Reger[2]) als unrichtig zurück, indem er anführt, dass, wenn eine Versengung stattgefunden hätte, das Haar an seinem Schnittende sich gekrümmt haben müsste, dasselbe bleibe aber vollständig gerade und die leichte Farbenveränderung an der betreffenden Stelle rühre nicht von einer Versengung, sondern von einer Quetschung des Markkanales her.

Coze[3]) beschreibt einige Fälle von deformierten Langgeschossen, welche auf Abschmelzungen hindeuten, während Cohn einen Fall

1) Reger, Gewehrschusswunden S. 52.
2) a. a. O.
3) Coze, Gazette hebdomadaire de medicine et chirurgie Nr. 5. p. 13.

erwähnt, wo angeblich ein Bleitropfen in ein Brillenglas eingeschmolzen war.

Busch [1]) führt zu gunsten der Abschmelzungstheorie die trichterförmige Beschaffenheit des Schusskanals an. Er sucht das Zustandekommen desselben durch die Annahme eines Streuungskegels zu erklären, indem er glaubt, dass die Projektile beim Einschlagen in den Körper schmelzen und die abgeschmolzenen Partikel in einer von der eigentlichen Flugbahn divergierenden Richtung nach Art des Streuungskegels bei einer Schrotladung das Gewebe durchdringen und so eine kraterförmige Ausgangsöffnung erzeugen. .

Socin sucht in theoretischer Weise durch Rechnung, unter Zugrundlegung des Gesetzes vom mechanischen Wärmeäquivalent den Hitzegrad des Geschosses zu finden und führt dies folgendermassen aus [2]): „Nach der mechanischen Wärmetheorie muss die lebendige Kraft des Geschosses, sobald dieselbe durch Widerstände aufgehoben wird, entweder sich andern Körpern mitteilen, oder in Molekularbewegung, d. h. Wärme sich umsetzen. Damit aber diese Wärme eine Abschmelzung des Bleies hervorbringe, muss die Umsetzung in einer ungeheuer kurzen Zeit stattfinden, welche eine merkliche Abgabe der Wärme an die umgebenden Teile auf dem Wege der Leitung und Strahlung nicht erlaubt. Beim Eindringen in die Gewebe kann nun das Geschoss einen Teil seiner lebendigen Kraft andern Körpern mitteilen, Stücke der Kleidung, der Weichteile mit sich reissen, Knochensplitter vor sich herschleudern, Sehnen und Bänder in Spannung versetzen. Auf eine Entfernung von 100 m beträgt die Geschwindigkeit der bei den Versuchen gebrauchten Geschosse

für das Kleinkaliber 435 m,
für das Grosskaliber 350 m,

Bedeutet die Geschwindigkeit v, die Masse m, das Gewicht p und die Beschleunigung der Schwerkraft g, so ist die lebendige Kraft w gegeben in der Formel:

$$w = \frac{mv^2}{2},$$

wobei

$$m = \frac{p}{g}.$$

Nach dieser Formel erhalten wir für das Kleinkaliber eine lebendige Kraft von 197 Kilogrammeter, für das Grosskaliber 250

1) Busch, Verhandlung des II. chirurg. Kongresses in Berlin.

2) Socin, Kriegschirurgische Erfahrungen S. 12.

Kilogrammeter. Berechnet man die ganze lebendige Kraft nach Wärmeeinheiten, so sind die

197 Kilogrammeter des Kleinkalibers = 0.465 Wärmeeinheiten
250 » » Grosskalibers = 0.59 » .

Die weitere Rechnung ergibt, dass diese

0.465 Wärmeeinheiten 37 gr
0.59 » 47 »

Blei schmelzen können, unter der Voraussetzung, dass das Blei eine Anfangstemperatur von 100° hat und somit vor der Schmelzung von 100° bis zur Temperatur des Schmelzpunktes musste erwärmt werden, da aber in Wirklichkeit bei dem Versuch vom Kleinkaliber nur 17.5 gr, vom Grosskaliber 27.3 gr abschmelzen (nach dem Resultat der später vorgenommenen Wägungen der Geschosse), so bleiben 53 % und 42 % der lebendigen Kraft übrig, welche nicht zur Schmelzung verwendet werden. Davon muss aber noch ein bedeutender Teil in Wärme umgewandelt, zur Erhitzung des nicht geschmolzenen Teils des Geschosses und zur Deckung des Wärmeverlustes durch Strahlung und Leitung dienen. Der Rest kommt als lebendige Kraft beim Zurückprallen des Ueberbleibsels und Auseinanderspritzen des Geschmolzenen zur Verwendung.

Die mechanische Wärmetheorie erklärt demnach in befriedigender Weise die vom Experimente nachgewiesene Abschmelzung.

Gleiche Resultate ergeben die Experimente im tierischen Körper.

Aus den Versuchen ergab sich unzweifelhaft, dass ein Projektil in vollem Lauf durch Weichteile allein aufgehalten werden kann. Die dabei verrichtete mechanische Arbeit ist so gering, dass der grössere Teil der lebendigen Kraft sich notwendig in Wärme umsetzen muss. Geschieht dies plötzlich, so tritt Schmelzung des Bleies ein, was bei kleinkalibrigen Projektilen leichter stattfindet, weil sie eine grössere Geschwindigheit haben und somit auf die gleiche Masse eine grössere lebendige Kraft kommt."

Demgegenüber hat Wahl [1]) gestützt auf Versuche an Stahl-, Blei- und Holzplatten, den Satz aufgestellt: „Wenn bei mindestens 400 m Endgeschwindigkeit die Geschwindigkeit des Bleiprojektiles durch einen intensiven Widerstand derartig unterbrochen wird, dass sie plötzlich aufhört, so tritt durch molekulare Umsetzung der lebendigen Kraft ein solcher Hitzegrad ein, dass Abschmelzungen am Geschosse stattfinden. Dies geschieht aber nur durch Eisen- oder Stahlplatten. Bei Gegenständen von gleicher Konsistenz tritt Deformation

1) Langenbeck's Archiv. Bd. XVI. S. 560.

und Teilung des Geschosses ein, und solche von geringerer Festigkeit werden durchdrungen, bis durch den andauernden Widerstand die lebendige Kraft des Projektiles getötet ist."

Geschosse, welche eine geringere Endgeschwindigkeit als 400 m haben, zeigen auch bei Eisen- und Stahlplatten keine Abschmelzungen. Zum Beweis hiefür hat Wahl folgende Rechnung angestellt:

„Setzt man für lebendige Kraft L, für Gewicht P, für Geschwindigkeit V, für Beschleunigung der Schwerkraft G, und bedeutet M die Masse $= \frac{P}{G}$, so ist:

$$L = \frac{MV^2}{2} = \frac{PV^2}{2G}$$

es ergibt sich daher für das Chassepotgeschoss:

$P = 25.0$ gr $= 0,025$ kg
$V = 420$ m (Anfangsgeschwindigkeit),
$G = 9.808$ m (konstant),

es ist also:

$$L = \frac{0.025 \cdot 420^2}{2 \cdot 9.808} = 225 \text{ Kilogrammeter.}$$

424 Kilogrammeter entsprechen 1 Wärmeeinheit, d. h. sie erwärmen 1 kg Wasser um 1 Grad C, daher entwickeln 225 Kilogrammeter beim Umsetzen in Wärme circa ½ WE (genau 0.53 WE), also würde diese Wärme 0.53 Wasser um 1 Grad erwärmen. Sollen aber 0.025 kg Wasser erwärmt werden, so werden diese 21mal so warm, weil 0.025 21 mal in 0.53 enthalten ist. Lässt man nun statt 0.025 kg Wasser ein gleiches Gewicht Blei erwärmt werden, so wird, da die spezifische Wärme des Bleies $^1/_{31}$ ist, die Temperatur um 21 mal 31 Grad = 651 Grad steigen, vorausgesetzt, dass die ganze Wärme dem Geschosse zugute käme, was jedenfalls nicht vollständig der Fall ist, da ein Teil der Wärme an die Scheibe verloren geht.

Für das preussische Langblei ergibt sich folgende Rechnung:

$P = 0.031$ kg
$V = 296$ m (Anfangsgeschwindigkeit)
$G = 9.808$ m

es ist daher:

$$L = \frac{0.031 \cdot 296^2}{2 \cdot 9.808} = 139 \text{ Kilogrammeter}$$
$$= {}^1/_3 \text{WE (genau 0.328)}$$

Eine ähnliche Rechnung ergibt die Erwärmung des Geschosses unter denselben Umständen wie oben um 300 Grad C.

Weil nun der Schmelzpunkt des Bleies 330 Grad C. beträgt, so folgt daraus, dass am preussischen Langblei Abschmelzungen überhaupt nicht stattfinden können, selbst dann nicht, wenn man die Temperaturgrade, welche das Geschoss beim Austritt aus dem Rohr hat, und welche auf Grund angestellter Versuche, doch mindestens auf 70 Grad C. anzuschlagen sind, mit in Rechnung bringt, da ein wesentlicher Teil der Wärme an die Scheibe übergehen muss."

Busch stellte, gestützt auf seine Experimente mit der auf Geschosse von verschiedener Temperatur fallenden Eisenbirne die Behauptung auf, dass erst bei Erhitzung des Bleigeschosses bis nahe zum Schmelzpunkt durch mechanische Einwirkung ein Abspritzen kleinster Partikel zu erzielen sei.

Kocher [1]) wiederholte diese Experimente. Er liess eine Eisenkugel von 2930 gr mittelst einer Vorrichtung aus einer Höhe von 2.24 m auf, auf einem Ambos stehende Geschosse fallen, welchen er durch Eintauchen in ein Oelbad verschiedene genau bestimmte Temperaturen gab. Dabei konstatierte er, dass mit zunehmender Temperatur das Geschoss eine stärkere Deformierung erfuhr, so dass die Zusammenpressung des aufrechtstehenden Geschosses, welche ohne Erwärmung über die halbe Länge betrug, bei Erhitzung auf 300° etwas mehr als doppelt so stark war, als bei Nichterwärmung. Indem er die Temperatur des Geschosses so um wenige Grade steigerte, fand er, dass man die Temperatur bis unmittelbar an den Schmelzpunkt heran erhöhen kann, ohne dass ein einziges Partikelchen des Bleies losgesprengt wird. Zum Beweis für diese Beobachtung führt er beispielsweise an, dass ein Weichbleigeschoss auf 300 Grad erhitzt und durch die Eisenkugel breit gequetscht 20.27 gr wog; bei 315°: 20.013; bei 320°: 20.21, bei 324°: 20.3 (Normalgewicht 20.2). Setzte dagegen Kocher die Erhitzung des Geschosses über den Schmelzpunkt hinaus fort, so fand sich, wenn das Experiment rasch genug ausgeführt wurde, dass, während früher das Bleigeschoss mit dumpfem Ton zusammengedrückt wurde, dass die Eisenkugel nun hell klingend auf den Ambos fiel und die Bleipartikel 3 und 4 m weit im Zimmer umherspritzten. Ging das Experiment nicht rasch genug von statten, so dass das Geschoss sich etwas abkühlen konnte, so spritzte nur eine geringere Zahl

1) Kocher, Schusswunden. S. 11.

von Partikeln ab, während das Hauptstück auf dem Ambos liegen blieb. Dem gegenüber zeigte sich, dass ein nicht erwärmtes Bleigeschoss, welches mit aller Wucht des schweren Schmiedehammers zu einer dünnen Platte zusammengedrückt wurde, immer seine normalen 20.2 gr wog, also keine Absprengungen erfuhr.

Kocher schliesst aus diesen Experimenten, dass bei blosser Erwärmung des Geschosses beim Auftreffen auf resistente Körper zwar Deformierung des Geschosses vorkommen könne, durch scharfe Kanten und Ecken des getroffenen Zieles auch Stücke vom Blei abgerissen und abgeschnitten werden können, dass aber ein eigentliches Zerfahren desselben in kleinere Stücke einzig durch Erhitzung des Geschosses bis zur Schmelzung und über den Schmelzpunkt hinaus zu Stande kommen könne.

Wenn es sich nun, so argumentiert Kocher, nachweisen lässt, dass beim Schuss auf den menschlichen Körper in der That derartige Absprengung kleiner Partikel vorkommen, so ist damit auch bewiesen, dass das Geschoss zum Schmelzen gelangte. Zu diesem Zweck führt er die Experimente von Busch an, der mit Chassepot auf alte macerierte Schädel geschossen und gefunden hat, dass neben dem Ausschusse die Innenwand des Schädels in ziemlich grosser Ausdehnung ganz bestäubt war mit einem feinen, grauweissen Anfluge feinster Bleitröpfchen. Kocher selbst hat diesen Versuch mit dem Vetterli-Geschoss wiederholt und bestätigt die Angaben Busch's. Er schoss mit 30 m Distanz auf 2 mit der Konkavität einander zugekehrte und in einem Abstande von 14 cm befestigte Schädeldächer, das Gewicht der hinter dem Ziel aufgefangenen Geschosse betrug in 3 Fällen je 19.925, 19.95 und 19.75 gr. Bei einem Schuss auf einen ganzen macerierten Schädel betrug das Gewicht 19.777 gr.

Reger[1]) hat nachgewiesen, dass der Schluss, zu dem Kocher durch seine Experimente mit der Eisenbirne gelangt, ein Trugschluss ist, da er auf ganz falschen Voraussetzungen beruht. Wenn Kocher mit seiner Eisenbirne, deren lebendige Kraft zu 6.5633 Kilogrammeter berechnet ist, an Geschossen, die nicht zum Schmelzen erhitzt waren, keine Absprengung kleiner Partikel erhielt, so beweist dies keineswegs, dass solche bei einer 30 mal grösseren lebendigen Kraft von 173.07 Kilogrammeter, wie sie der Anprall des Geschosses liefert, auch nicht zu Stande kommen, sondern eben nur, dass bei

1) Reger, Gewehrschusswunden. S. 48 u S. 137.

einer verhältnismässig kleinen lebendigen Kraft Schmelzung des Bleies zum Auseinanderspritzen desselben nötig ist. In der That fand Reger, der zu seinen Versuchen die Kraft eines Dampfhammers benützte, dass bei genügender Kraft ein Auseinanderspritzen des Bleies schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur erzielt wird und dass die mit dem Auseinanderspritzen verbundene Temperaturerhöhung durchaus keinen hohen Grad erreicht. Ein Geschoss von 23 mm Länge und 12 mm Breite z. B. wurde bei hinreichend starkem Druck in einzelne Fragmente zerdrückt, welche nach allen Richtungen spritzten. Die einzelnen Stücke zeigten eine so geringe Temperaturerhöhung, dass man sie sofort nach dem Abspringen ohne die geringste Beschwerde in die Hand nehmen konnte.

Kocher hat dann des weiteren noch Versuche mit Geschossen von verschiedener Schmelzungstemperatur angestellt, indem er mit denselben auf lange Röhrenknochen schoss und den Gewichtverlust der Geschosse nach dem Schuss bestimmte. Er verwandte dazu Rose'sches Metall, das bei 65 Grad und Weichblei das bei 325 Grad schmilzt. Die Resultate dieser Experimente bestärken ihn in der Annahme, dass eine Schmelzung des Geschosses beim Auftreffen auf den menschlichen Körper stattfinde.

Bei genauerer Betrachtung der Protokolle, welche Kocher in seinem Werke „über Schusswunden“ S. 17—18 niedergeschrieben hat, ersieht man aber, dass nicht alle Resultate für seine Ansicht sprechen.

Da die Geschosse aus gleicher Distanz mit gleicher Geschwindigkeit und gegen dieselben Objekte geschossen wurden. so müsste, wenn Kocher's Ausführungen richtig sind, das Geschoss aus Rose'schem Metall einen seinem viel niedrigeren Schmelzpunkt entsprechenden grösseren Gewichtsverlust erleiden, als das viel schwerer schmelzbare Weichblei, dies ist aber nicht in allen Experimenten der Fall.

Eine Reihe interessanter Versuche hat Beck [1]) zur Bestimmung der Geschosstemperatur angestellt. Er bringt das heisse Geschoss möglichst rasch in ein Medium, an welches dasselbe seine Wärme abgibt, die Temperaturerhöhung, welche infolge dessen das Medium erleidet, wird gemessen und gibt das Mittel zur Berechnung der Temperatur des Geschosses ab.

Er stellte die Schiessversuche mit dem Mausergewehr M. 71, Kaliber 11 mm, an. Das Gewicht des Geschosses betrug 25 gr. Die

1) B. v. Beck, Ueber die Wirkung moderner Gewehrprojektile. S. 55.

Schüsse wurden aus 10 m Distanz auf einen langen Kasten abgegeben, der durch eingeschaltete hölzerne Zwischenwände und dünne Eisenplatten dem Geschoss einen bedeutenden Widerstand entgegensetzte und zugleich das rasche Auffinden des Geschosses ermöglichte. Das heisse Geschoss wurde möglichst rasch unter genauer Beobachtung der zwischenliegenden Zeit in Quecksilber eingetragen, welches sich in einer Menge von 300 gr in einer 7 cm hohen und 3 cm breiten runden Pappschachtel befand, und diese letztere bis zur Höhe von 4.5 cm anfüllte. In das Quecksilber ragte ein Thermometer, an dessen unterem Ende ein Kork derart befestigt war, dass mit Hilfe desselben das eingetragene, auf dem Quecksilber schwimmende Geschoss gehörig eingetaucht werden konnte.

Um die annähernde Richtigkeit der berechneten Geschosstemperatur experimentell festzustellen, macht Beck einen sehr sinnreichen Kontrollversuch, indem er mittelst eines Luftbades die Geschosse auf die gewünschte Temperatur erhitzte, sie dann wie bei den ursprünglichen Versuchen in die Pappschachtel mit 300 gr Quecksilber brachte und die Temperaturerhöhung ganz analog bestimmte.

Nach diesen Schiess- und Kontrollversuchen fand Beck, „dass sich Bleiprojektile und kombinierte Geschosse beim Ueberwinden von Widerständen verschieden stark erwärmen, und dass selbst bei Bewältigung eines beträchtlichen Widerstandes, bei einem viel stärkeren, 3—4fachen, als ihn der menschliche Körper bietet, die Temperatur der Bleiprojektile 69 Grad, der Stahlmantelgeschosse 78 Grad und der Kupfermantelgeschosse 110 Grad im Durchschnitt nicht überschreitet."

Bei Schüssen aus nächster Nähe (12 Schritt) hat Reger [1]), welcher zum Schutz gegen weiter abfliegende Spritzlinge eine wollene Reisedecke zwischen Scheibe und Schütze lose aufhängte, beobachtet, dass die auf der Decke liegenden Abspritzungen in Gestalt zusammengerollter Lamellen in ihrem Innern leicht gelbliche Wollhaare zeigten. Durch sorgfältig angestellte Kontrollversuche hat er bewiesen, dass die leicht gelbliche Färbung der Wollhaare durch eine Temperatur von 220—230 Grad zu Stande kommt.

Ich habe auch meinerseits Versuche angestellt zur Bestimmung der Geschosstemperatur und ging dabei so zu Werke, dass ich die erhitzten Geschosse resp. Geschossstücke mit leicht schmelzbaren

1) Reger, Gewehrschusswunden der Neuzeit, p. 45.

Substanzen in Berührung brachte und durch den Grad der Ab- resp. Anschmelzung die Höhe der hiezu nötigen Temperatur zu bestimmen suchte. Als Zielobjekt benützte ich einen eisernen Kasten von 30 cm Breite, Höhe und Tiefe, in welchen hintereinander eine Reihe von Walzeisenplatten eingestellt wurden, welche dem Geschoss einen sehr beträchtlichen Widerstand entgegensetzten. Das Geschoss wurde beim Schuss auf diese Platten in viele Stücke zerrissen, welche, da der Kasten auch nach oben durch einen eisernen Deckel verschlossen war, nur in eine demselben als Boden dienende Schublade fallen konnten. Um den erhitzten Stücken möglichst wenig Zeit zu lassen, sich abzukühlen, wurde die Substanz, deren wir uns zur Temperaturbestimmung bedienten, eben in diese Schublade gebracht. Ich hatte schon vorbereitende Versuche mit den verschiedensten schmelzbaren Substanzen als Paraffin, Schwefelblumen, Salicylsäure, Schellack, Asphalt, Milchzucker etc. angestellt und dabei die beiden ersten für meine Zwecke am geeignetsten gefunden. Das auf die in der Schublade befindliche Paraffinplatte fallende erhitzte Geschossstück war nämlich je nach seiner Grösse und Temperatur mehr oder weniger tief eingeschmolzen, während bei Benützung der Schwefelblumen um das erhitzte Geschossstück eine mehr oder weniger dicke Kruste geschmolzenen Schwefels sich zeigte. Um die Temperaturen zu bestimmen, die nötig sind, um in Paraffin und Schwefelblumen jene Grade von Schmelzung hervorzubringen, machte ich Kontrollversuche in der Weise, dass ich eine Skala von Blei- und Eisenstückchen verschiedener Grössen auf verschieden hohe Temperaturen erhitzte und sie dann auf Paraffin oder Schwefelblumen fallen liess; war ein Blei- oder Eisenstückchen des Kontrollversuches ebenso tief in Paraffin eingesunken oder zeigte es eine ebenso dicke Schwefelkruste, wie ein in Form, Grösse und Substanz entsprechendes Geschossfragment, so durfte man annehmen, dass die Temperatur bei beiden die gleiche war.

In der Schublade fanden sich nach jedem Schuss sowohl Teile des Geschosses als Teile der Eisenplatte, alle diese Teile bewirkten im allgemeinen dieselben Grade von An- oder Abschmelzung, waren also durch den Schuss auf entsprechend gleiche Temperaturen erhitzt worden. Durch den obgenannten Kontrollversuch fand ich für die abgesprengten Bleistücke eine Temperatur von 180—210 Grad, für Teile des Mantels 180—230 Grad, für abgesprengte Stückchen der Eisenplatten 180—230 Grad. Es zeigt sich also eine grosse Uebereinstimmung meiner Resultate mit den Berechnungen Reger's,

die derselbe anlässlich seiner zufälligen Beobachtungen an den Wollhaaren angestellt hat, das geringe Plus auf Reger's Seite findet seine Erklärung in der geringeren Distanz und der dadurch erzielten grösseren lebendigen Kraft seiner Geschosse. Was die viel geringeren Temperaturerhöhungen betrifft, die Beck gefunden, so sind dieselben wohl zum grossen Teil auf den geringeren Widerstand zurückzuführen, den er seinen Geschossen entgegensetzt.

Bemerkenswert ist, dass bei Bleigeschossen gerade die kleinen Partikelchen am meisten Anschmelzung von Schwefel aufwiesen, während dies bei den grösseren Stücken in der Regel weniger der Fall war, es erfahren also nur die abgesprengten Partikel eine wesentliche Temperaturerhöhung; dass aber diese Erhöhung keineswegs ausreicht, um das Blei zum Schmelzen zu bringen, beweist der fein und scharf ausgezackte Rand dieser kleinen Partikelchen.

Fassen wir kurz noch einmal alles zusammen, so haben wir gefunden:

1) dass die Mantelgeschosse und ihre Fragmente im allgemeinen stärker erhitzt werden als das Bleigeschoss und seine Fragmente. Beweis hiefür ist das Resultat der angestellten Versuche mit Paraffin und Schwefelblumen und der Umstand, dass das Mantelgeschoss beim Schiessen auf ganz trockenes Hartholz zuweilen Spuren von Versengung seines Lagers erkennen liess, während das Lager von Bleigeschossen in allen Fällen durchaus frei von solchen war;

2) dass die Temperaturerhöhung des Bleis keineswegs ausreicht, um zur Schmelzung zu führen, denn selbst beim Schiessen auf grösste Widerstände, wie sie durch Eisenplatten geboten werden, erwiesen die Versuche mit Paraffin und Schwefelblumen eine Temperaturerhöhung von höchstens 210° C. also nur $^2/_3$ seiner Schmelzungstemperatur (330° C.); ferner zeigen die Bleipartikelchen, die in der Schublade aufgefangen wurden, ohne Ausnahme einen zackigen oder kantigen Rand, niemals abgerundete oder fadenförmig ausgezogene Gebilde, wie man sie durch Werfen von abgeschmolzenem Blei auf Bretter jedesmal erhält; gegen die Schmelzung spricht ferner die strahlenförmige, feingezackte, einem japanischen Sonnenorden vergleichbare Deformation (Taf. I Fig. 22 u. 23) wie man sie beim Schiessen auf Eisenplatten aus 600—1200 m Entfernung erhält und die deutlich erkennen lässt, was sich auch in der That bestätigt, dass, wenn die lebendige Kraft des auftreffenden Geschosses noch etwas stärker ist als die bei 600 m, die strahlen-

förmigen Ausläufer einfach auf mechanischem Wege abbrechen (siehe Tafel IV Fig. 2) und die oben genannten zackigen oder kantigen Bleipartikelchen bilden;

3) dass von einer Temperaturerhöhung des Bleis bis zur Schmelzung beim Schiessen auf den menschlichen Körper keine Rede sein kann, da die resistentesten Teile des menschlichen Körpers dem Geschoss einen weit geringeren Widerstand entgegensetzen als die Eisenplatten;

4) dass die Behauptung Kocher's [1]), eine Zerstückelung des Geschosses komme einzig durch Erhitzung des Geschosses bis zur Schmelzung und über den Schmelzpunkt hinaus zu Stande, eine irrige ist, da wie oben gezeigt, die Absprengungen auf rein mechanischem Wege zu Stande kommen. Dass Zerstückelungen des Bleigeschosses nicht nur bei sehr grosser lebendiger Kraft und grösstem Widerstande, sondern auch bei ganz geringer lebendiger Kraft und nicht beträchtlichem Widerstande vorkommen können, beweist sehr schön einer meiner Schiessversuche (siehe Nro. 164) wo bei einem Schuss aus 900 m Entfernung auf einen Oberschenkel, das Geschoss sich hinter dem Knochen in 3 Stücke geteilt fand (Tafel I Fig. 21);

5) dass selbst wenn das Geschoss genügend hoch erhitzt würde, es nicht die genügende Zeit hat auf die Gewebe des menschlichen Körpers einzuwirken, um im Schusskanal Verbrennungserscheinungen hervorzurufen [2]).

1) Kocher, Ueber Schusswunden p. 16.

2) Richter führt als Beispiel hiefür passend die Möglichkeit an, einen Finger ohne Schaden durch eine Flamme zu führen, und nach Kocher's Untersuchungen kann man ganz gut die abspringenden Partikel des bis zum Schmelzen erhitzten Bleis einen Augenblick in die Hand nehmen, ohne eine Verbrennung befürchten zu müssen. Man sieht auch, wenn man geschmolzenes Blei auf weisses Papier bringt, dass eine Verbrennung desselben erst nach längerem Verweilen des Bleis eintritt, während, wenn es nur rasch darüber gegossen wird, dieses unversehrt bleibt. Dass aber die Berührung des erhitzten Geschosses nur eine ganz momentane ist, zeigen die Berechnungen Vogel's (Zu den Untersuchungen über Schussverletzungen, Bonn 1876). Derselbe findet als Zeitbedarf für einen Schusskanal von 10 cm Länge, ohne Rücksicht auf die durch den Widerstand bedingte Abnahme der Kraft, bei einer Anfangsgeschwindigkeit

von 280 m		= $^1/_{2800}$ Sekunde
» 330 »	Zündnadelgeschoss	= $^1/_{3300}$ »
» 420 »	Chassepotgeschoss	= $1/_{4500}$ »
» 450 »	Schweiz. O. M/63-Geschoss	= $^1/_{4500}$ »
» 450 »	Remingtongeschoss	= $^1/_{4600}$ »
» 500 »	Schw. Jäger Gew. u. Cent-Gardes	= $^1/_{5000}$ »

Die Erhöhung der Temperatur des Geschosses wächst mit der Grösse des Widerstandes, jedoch erreicht dieselbe selbst bei grösstem Widerstande niemals die Höhe, um eine Schmelzung des Bleis herbeiführen zu können, es ist also durchaus unwahrscheinlich, die explosiven Wirkungen des Bleigeschosses auf Schmelzung zurückzuführen; jedoch kann nicht bestritten werden, dass die Erhitzung des Geschosses ein begünstigendes Moment für die Deformation desselben bildet.

Während es also als unmöglich bezeichnet werden darf, dass die Hitze des in den menschlichen Körper eindringenden Geschosses auf die Gewebe des Schusskanals versengend einwirkt, ist es andererseits nicht wahrscheinlich, dass selbst da, wo das Geschoss in dem feuchten Gewebe zur Ruhe kommt, Versengungserscheinungen hervorgerufen werden.

4. Deformation.

Es ist auffallend, dass in den ältesten Werken über Kriegschirurgie von den Gestaltveränderungen, welche die Kugel erfährt, sehr wenig die Rede ist: Richter[1]) schliesst daraus, dass dieselben in früherer Zeit überhaupt geringer und seltener gewesen seien, als sie jetzt sind, und findet diese Annahme durch die Thatsache bestätigt, dass die früher zur Extraktion des Geschosses konstruierten Instrumente fast allein auf nicht deformierte Kugeln berechnet sind.

Noch in Heister's Chirurgie vom Jahre 1739 wird der Kugeldeformation mit keiner Silbe gedacht, doch schon 1741 beschreibt Le Dran[2]) ausführlich die mannigfaltigen Deformationen, welche die Kugeln beim Auftreffen auf den Knochen erfahren und welche der Extraktion oft bedeutende Schwierigkeiten in den Weg legen.

Bilguer[3]), der Kriegschirurg Friedrich des Grossen, stellt, wenn er von den extrahierten Projektilen spricht, immer Kugeln und Bleistücke neben einander. Da er nebenbei auch noch den Ausdruck „gehacktes Blei" benützt, solches aber in den Armeen wohl nie zur Verwendung gekommen ist, so schliesst Richter daraus, dass Bilguer zwar richtig beobachtet, die wahre Ursache der Ge-

1) Richter, Allgemeine Chirurgie der Schussverletzungen im Kriege p. 85.

2) H. F. le Dran, Traité ou réflexions tirées de la partique sur le playes d'armes à feu 1741.

3) J. U. Bilguer, Anweisung zur ausübenden Wundarzneykunst in Feldlazarethen. 1763.

staltveränderung aber noch nicht erkannt habe, und es nicht für möglich gehalten habe, dass dieselbe durch die in dem Körper selbst der Kugel sich entgegenstellenden Widerstände erzeugt werde. In den neueren Werken über Kriegschirurgie wird der Deformation des Geschosses mit Recht durch Beschreibung und Abbildungen grosse Aufmerksamkeit zugewendet.

Was nun die Ursachen der Deformation betrifft, so bestand, wie aus dem vorhergehenden Kapitel ersichtlich, lange Zeit die Ansicht, die auch jetzt noch viele Vertreter findet, dass das Hauptmoment für die Deformation in der durch die Erwärmung des Geschosses bedingten Erweichung desselben zu suchen sei. Dieser Theorie tritt Reger [1]) entgegen, indem er den Satz aufstellt: „Die Deformierung ist keine sekundäre, sondern wesentlich eine primäre Erscheinung.“ Er unterstützt seine Theorie durch die Erfahrungen, die er beim Schiessen auf Eisenplatten gemacht hat. Er fand dabei, dass bei Schüssen auf 12 Schritt Entfernung und solchen auf 100 Schritt in beiden Fällen gleiche Deformation bestand bezüglich Form und Grösse der Splitterung, während aber die Splitter bei 12 Schritt Entfernung eine Temperatur von 220—230 Grad besassen, zeigte sich bei den Splittern auf 100 Schritt Entfernung überhaupt keine Erhöhung der Temperatur. In beiden Fällen, sagt Reger, haben wir gleiche Verhältnisse mit Ausnahme der lebendigen Kraft, die bei 12 m Entfernung grösser ist; da nun in beiden Fällen zur Deformation ein gleicher Quotient der lebendigen Kraft verbraucht wurde, so muss für die Kugel auf 12 Schritt ein Plus von lebendiger Kraft gegenüber der auf 100 Schritten verfeuerten Kugel übrig bleiben, welche zur Wärmebildung verwendet wird. Wenn ich nun auch bei meinen Versuchen gefunden habe, dass die Voraussetzung Reger's, dass in den beiden genannten Fällen gleiche Deformation entstehe, sich nicht bestätigte, da bei 12 Schritt sich eine viel bedeutendere Deformation ergab, als bei 100 Schritt, so hat Reger doch ohne Zweifel Recht, wenn er behauptet, dass die Erwärmung kein Hauptfaktor für das Zustandekommen der Deformation ist. Wenn die Deformation selbst dem Schmelzungsprozess oder überhaupt nur einer hohen Temperatur ihre Entstehung verdankte, so würde beim Schiessen mit Bleigeschossen auf Holz eine Hitzeeinwirkung des deformierten Bleigeschosses auf das Holz durchaus zu erkennen sein

1) Reger, Gewehrschusswunden der Neuzeit p. 50.

müssen. Dies ist aber nie der Fall, dagegen zeigt das in altem ganz trockenem Eichenholz aufgefangene Stahlgeschoss eine starke Hitzeinwirkung auf sein Lager, welche selbst zur Versengung der oberflächlichen Schicht desselben führt. Während also das Bleigeschoss bei sehr starker Deformation keine nachweisbare Hitzeeinwirkung auf das Substrat des Lagers zeigt, ist das Stahlgeschoss, welches fast gar keine Deformation erleidet, durch starke Hitzeeinwirkung auf das Lager ausgezeichnet. Je nach dem Material des Geschosses muss somit ein grosser Unterschied bei dem schliesslichen Effekt der rückwirkenden Kraft obwalten. Ein nicht deformierbares Stahlgeschoss wird unter gleichen Umständen bedeutend mehr Hitze erhalten, als ein Bleigeschoss. „Die Deformierung des Geschosses ist die zweite Art der Umsetzung der lebendigen Kraft." Die Deformation wird um so bedeutender sein, je geringer die Zähigkeit des Geschosses und je resistenter das Ziel ist. Dass die Wärme nun, da sie die Zähigkeit des Metalls verringert, indem sie den Zusammenhang der Moleküle des Geschosses lockert, nicht ohne Einfluss auf die Deformierung des Geschosses bleiben wird, kann nicht bestritten werden, doch ist, wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, die Erwärmung des Geschosses eine so geringfügige, dass die dadurch bewirkte Verringerung der Zähigkeit des Metalles nur eine sehr geringfügige sein wird und die Deformation in erster Linie mechanischen Momenten ihre Entstehung verdankt.

Was den Vorgang bei der Deformation des Geschosses anbetrifft, so ist derselbe naturgemäss am besten bei den Bleiprojektilen, welche die grösste Gestaltsveränderung erfahren, zu beobachten, beim Auftreffen des Geschosses auf einen Widerstand staucht sich das Geschoss (siehe Taf. I Fig. 2 u. 3), d. h. die Teile an der Spitze desselben werden durch die nachdringenden hinteren Teile nach allen Seiten auseinandergepresst. Durch das Nachrücken der centralen Teile werden die peripheren immer mehr nach aussen gedrängt, und es kommt so ein Zurückbiegen und ein spiraliges Aufrollen der Lamellen des Bleies zu Stande. Das Geschoss erhält Pilz- oder Hutform (siehe Taf. I Fig. 4—8). Bei stärkeren Widerständen haben die Bleilamellen, wegen der schnellnachrückenden Gewalt der folgenden Teile keine Zeit sich spiralig aufzurollen, sie werden seitwärts verschoben (Schalenform der Geschosse siehe Taf. I Fig. 22 u. 23), während bei stärksten Widerständen der Zusammenhang der Moleküle in den seitwärts gedrängten Lamellen aufgehoben

wird; es kommt zu Absprengungen, und Teile der Lamellen spritzen nach allen Richtungen auseinander. Wie schon erwähnt, werden diese Vorgänge durch die verminderte Zähigkeit des Metalles infolge der Wärmebildung befördert. Die Lamellenbildung erklärt sich aus einer charakteristischen physikalischen Eigenschaft des Bleies, dieselbe kommt stets zu Stande unter Einwirkung einer mechanischen Kraft senkrecht zur Richtung derselben und beruht wahrscheinlich auf der nadelförmigen oder säulenförmigen Krystallisation des Bleies (Reger).

Das Zustandekommen der Absprengungen ist so zu erklären: die jedem Teilchen des Geschosses innewohnende lebendige Kraft, welche während des Fluges durch die Luft in der Richtung der Flugbahn wirkt, erfährt in den vorderen Teilchen des Geschosses beim Auftreffen auf das Ziel durch den Widerstand desselben und die nachdrängenden hinteren Teile eine Ablenkung zur Seite und wirkt so annähernd senkrecht zur früheren Richtung. Ist die lebendige Kraft in der neuen Richtung kräftig genug, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Molekülen und Lamellen zu trennen, so werden diese letzteren in der seitlichen Richtung weiterfliegen und abgesprengt werden.

Das Bleigeschoss kann aber auch beim Aufschlagen gegen geringe Widerstände gewisse Deformationen erleiden, wie Pirogoff [1]) nach seinen im Krimkrieg gesammelten Erfahrungen darauf aufmerksam macht, dass es zur Deformierung des Projektils nicht der Berührung desselben mit einem Knochen bedarf, dass vielmehr hierzu auch schon der Widerstand der Weichteile ausreichen kann. Während er beobachtet hat, dass sich Langgeschosse hufeisenförmig um eine Sehne, ein Muskelbündel, Gefässe und Venen herumgelegt und dieselben von vorn oder von hinten umgriffen hatten, habe ich auch bei einem Weichteilschuss auf Vorderarm, bei welchem eine Strecksehne zerrissen ist, beobachtet, dass das Weichbleigeschoss sich eine quer über seine Spitze verlaufende Rinne zeigte, die wahrscheinlich von der getroffenen Sehne herrührte. (Siehe Nr. 131, Tafel I Fig. 1.)

Beim Eindringen in einen Widerstand von homogener Beschaffenheit nimmt die Deformation des Geschosses vom Einschuss zum Lager gleichmässig an Umfang zu. Einen deutlichen Beweis hiefür liefert die kegelförmige Gestaltung des Schusskanals bei Schüssen

1) Pirogoff, Die allgemeine Kriegschirurgie, Leipzig 1864.

auf Holz (siehe Tafel IV Figur 1), wo die dem Kaliber entsprechende Einschussöffnung darauf hinweist, dass das Geschoss nicht, oder nur wenig durch das Aufschlagen deformiert wurde und erst beim Weiterdringen allmählich die pilzförmige Gestalt erreicht. Beim Schiessen auf resistentere Ziele, wie sie Eisenplatten liefern, ist die Deformation schon durch das Aufschlagen bedeutend, jedoch nimmt dieselbe auch hier mit der Zahl der durchschlagenen Platten zu. Eine sehr hübsche Illustration hiefür ist die Form des Geschosses auf Tafel IV Fig. 2, wo der innere mit der Geschossbasis konzentrisch verlaufende Kreis den Grad der Deformation des Geschosses nach Durchschlagen der ersten 2 mm dicken Walzeisenplatte angibt, der äussere glänzendere Rand des Geschosses kam durch das Aufschlagen auf der zweiten Platte zu Stande, wo das Geschoss noch einen Eindruck hervorbrachte. Das oben von der Deformation des Geschosses Gesagte gilt, wie die Schiessversuche auf Leichen zeigen, auch beim Schiessen auf Knochen.

Die Deformation beeinflusst ihrerseits die fortschreitende Bewegung des Geschosses, und zwar nimmt die Durchschlagskraft desselben ab mit zunehmender Deformation, wie die vergleichenden Versuche mit Blei- und den schwer deformierbaren Mantelgeschossen beweisen (vgl. Schiessversuche auf Holz in Kap. III). Demgegenüber zeigen die in einem späteren Kapitel zu besprechenden Schiessversuche auf Blechbüchsen und am Wasserkasten, dass der hydraulische Druck wächst mit der Deformation.

Was nun die Frage betrifft, in wie weit die Deformation zu der explosiven Wirkung des Geschosses beiträgt, so zeigen zwar die nach Form und Grösse erheblich verschiedenen Zerstörungen, welche die sich nicht deformierenden Mantelgeschosse hervorrufen, dass die Deformation zwar ohne Zweifel ihren grossen Anteil hat an der explosiven Wirkung, aber noch lange nicht hinreicht zur Erklärung der explosiven Wirkung, z. B. auf Schädel oder Röhrenknochen, dass vielmehr die Hauptursache der explosiven Wirkung in noch anderen Momenten zu suchen ist.

5. Hydraulischer Druck.

Wenn ein Körper sich mit einer gewissen Kraft in einen inkompressiblen Körper wie z. B. in Wasser hineinsenkt, so nimmt, weil das letztere wohl seine Form aber nicht sein Volumen ändern kann, der Umfang des Wassers um den eindringenden Körper zu.

Diese Umfangszunahme des Wassers wird, wenn es frei, ohne fest einschliessende Hülle sich befindet, ohne merkliche Druckerscheinung ausgeglichen; befindet sich dagegen das Wasser in einem ringsumschlossenen Raum, so äussert sich die Umfangszunahme desselben durch die Raumbeengung an einem jeden Teil der Kapsel. Es wird also die Kraft, mit welcher die ersten Wasserteilchen von der eindringenden Kugel getroffen wurden, nach einem bekannten physikalischen Gesetze von allen übrigen Wasserteilchen nach allen Richtungen gleichmässig ausgeübt. Der dadurch ausgeübte Druck steht im allgemeinen zu der angreifenden Kraft in gerader Proportion und wird hydraulischer Druck genannt.

Seitdem Busch [1]), gestützt auf seine Schiessversuche auf mit Wasser, Kleister, Gehirn etc. gefüllte Blechbüchsen, den hydraulilischen Druck als die Ursache der explosiven Wirkung der Geschosse beschrieben hat, wurden diese Experimente von vielen Autoren zur Genüge wiederholt und immer mehr modifiziert und vervollständigt. Man ging dabei folgendermassen zu Werke. Entweder wurde unter sonst gleichen Umständen auf Blechbüchsen geschossen, die leer oder mit trockenem oder feuchtem Sägemehl, mit Muskeln, Wasser etc. gefüllt waren, oder wurde bei gleichem Füllungsmaterial die Wirkung desselben Geschosses auf die Blechbüchsen bei verschiedener Distanz beobachtet, schliesslich wurde noch bei gleicher Füllung der Blechbüchsen und gleicher Distanz mit Geschossen von verschiedener Härte bei gleichem Kaliber und umgekehrt experimentiert.

Aus diesen Versuchen ergab sich, dass die Stärke des hydraulischen Druckes bei den Versuchen mit Blechbüchsen wächst:

1) mit der Zunahme der Feuchtigkeit,

2) mit der Abnahme der Entfernung resp. mit der Geschwindigkeit des Geschosses,

3) mit der Grösse des Kalibers,

4) mit zunehmender Weichheit des Geschosses resp. mit der zunehmenden Deformation des Geschosses.

Reger hat versucht, die Grösse der hydraulischen Pressung durch Zahlen zu bestimmen und brachte zu diesem Zweck seine Zielobjekte in Verbindung mit einem Manometer, auf diese Weise sollte zugleich der Grad der Beeinflussung des hydraulischen Druckes durch die Deformierung des Geschosses gemessen werden. Bei Schüssen mit Weichbleiprojektilen auf wassergefüllte Blechbüchsen

1) Langenbeck's Archiv Bd. XVII. p. 160.

fand er den hydraulischen Druck zu 2—2¼ Atmosphären, bei solchen mit Kupfermantelgeschossen zu 1½ und solchen mit Stahlmantelgeschossen zu nur ⅔ Atmosphären. Reger[1]) sagt selbst, dass seine Messungen keine genauen Werte für die Grösse des hydraulischen Druckes geben, denn da die Blechbüchsen regelmässig zertrümmert wurden, zeigte das Manometer eben nur den Druck an, der hinreichend war, die Büchsen auseinanderzureissen, er begnügte sich daher damit, durch seine Versuche wenigstens positiv das Vorhandensein des hydraulischen Druckes bewiesen zu haben. Um eine annähernd genaue Messung des Druckes vornehmen zu können, darf der Behälter, in welchem die Flüssigkeit sich befindet, nicht wesentlich geschädigt werden. Ich wiederholte die interessanten Versuche Kocher's[2]) mit dem Badekasten und fand dabei nicht nur die 3 letzten der oben angeführten 4 Sätze vollständig bestätigt, sondern konnte auch, indem ich an dem Badekasten ein Manometer anbrachte, in der That nachweisen, dass, wie Reger vermutet, der durch das Geschoss bewirkte hydraulische Druck ein viel grösserer ist, als er bei seinen Versuchen mit Blechbüchsen bestimmen konnte. Der Kasten, den ich zu meinen Versuchen benützte, war aus sehr starken Tannenholzbrettern gezimmert, er hatte eine Länge von 4 m, eine Breite von 45 cm und eine Höhe von 60 cm; er war oben offen und der grösseren Festigkeit wegen ringsum mit Eisenbändern armiert. In der Mitte der Stirnseite des Kastens befand sich eine Oeffnung in Form eines eisernen Mundstückes, über welches eine Membran aus Kalbfell gespannt und mittelst eines anschraubbaren Eisenringes befestigt wurde. Die Oeffnung für das Bleirohr des Manometers befand sich am vorderen Teil der Seitenwand. Da die Wirkung des Druckes auf das Manometer um so bedeutender sein muss, je mehr die Schussrichtung mit der Richtung des Manometerrohres übereinstimmt, so wurde vermieden, das Rohr senkrecht durch die Seitenwand zu führen, dasselbe durchbohrte dieselbe vielmehr unter einem Winkel von ca. 30°, so dass es mit seiner Oeffnung der Einschussöffnung am Stirnteil zugerichtet war. Um die Druckwirkung auf das Manometer noch zu erhöhen, wurde an die Mündung des Manometerrohres in dem Kasten ein Trichter angesetzt, der parallel zur Seitenwand, also schief abgeschnitten war und mit dem vorderen Teil seines Randes den des Mundstückes beinahe berührte. Das Geschoss hatte seinen Weg durch die Membran

1) Militärärztliche Zeitschr. XVI. p. 162.
2) Kocher, Ueber Schusswunden. p. 27.

des Mundstückes in den Kasten zu nehmen. — Schon der erste Schuss mit Bleigeschoss bei voller Ladung brachte den Kasten völlig aus den Fugen und schleuderte das Stirnbrett desselben gegen den Schützen, es wurde deshalb die Festigkeit des vorderen Teiles des Kastens durch 9 cm breite Winkel- und -Eisen verstärkt, und als auch diese Vorrichtungen nicht ausreichten, den Kasten genügend widerstandsfähig zu machen, wurde er dazu noch innen mit Zinkblech ausgekleidet. Durch die gemachten Erfahrungen gewitzigt, stellten wir nun die Versuche in der Weise an, dass wir, mit Schüssen aus grössten Entfernungen beginnend, allmählich zu geringeren Distanzen übergingen, und so zeigte sich, dass nunmehr die Festigkeit des Kastens hinreichend war, um den hydraulischen Druck, den Nickel- und Stahlmantelgeschosse bei 12 m Distanz bewirkten, messen zu können, dagegen gelang eine genaue Bestimmung des Drucks bei Bleigeschossen nur bis zu der Entfernung von 100 m, beim Schiessen eines solchen aus 12 m wurde der Kasten wiederum auseinandergerissen. Schon das Gesagte genügt, einen ungefähren Begriff von der Grösse des hydraulischen Druckes zu geben, die genaueren Angaben über die Resultate meiner Versuche sind aus den unten folgenden Tabellen ersichtlich.

Aus umstehender Tabelle ergibt sich, dass der hydraulische Druck mit der Abnahme der Entfernung, resp. mit der Zunahme der Geschwindigkeit wächst, so dass derselbe bei dem 11 mm Geschoss auf 1200 m Distanz 1 Atmosphäre beträgt, auf 900 m Distanz 1.15 Atmosphären, auf 600 m Distanz 2.15 Atmosphären, auf 300 m Distanz 5.3—5.8 Atmosphären. Bis zu dieser Entfernung liefern Stahlmantel- und Bleigeschosse dieselben Resultate, von 100 m an ändern sich dieselben, denn während das Bleigeschoss bis zu der Entfernung von 300 m in Wasser sich nicht deformiert, zeigt es sich bei 100 m an der Spitze gestaucht, bei 12 m stark pilzförmig deformiert, während das Stahlmantelgeschoss auch bei dieser Entfernung undeformiert bleibt. Dementsprechend zeigt das Stahlmantelgeschoss bei 100 m Entfernung einen hydraulischen Druck von 6.4 Atmosphären, das Bleigeschoss dagegen 8 Atmosphären. Auf 12 m Distanz erhielt ich für Stahlmantelgeschosse beinahe 15 Atmosphären, bei dem folgenden Schuss mit Bleigeschoss gleichfalls 13 Atmosphären und ausserdem wurde der Kasten zersprengt.

Was den zurückgelegten Weg betrifft, so wächst derselbe bis zu der Entfernung von 300 m bei Blei- und Stahlmantelgeschossen gleicherweise mit der Abnahme der Schussdistanz, von 100 m ab

Nr.	Geschossart	Entferng. m	Manometerdruck. Atmosph.		Zurückgel. Weg m		Deformation	Bemerkung
189	11 mm Blei	12	—		163		pilzförm.	Wasser spritzt etwa in Mannshöhe. Aus der Vorderwand d. 1. Kastens ein Stück herausgerissen, das gespannte Fell mit dem Eisenreifen herausgeworfen.
190	dto.	12	—		145	139	»	Aus den Fugen am vorderen Teil d. 2. Kastens fliesst viel Wasser.
191	dto.	12	13		118		»	Manometer scheint gestört gewesen zu sein.
192	dto.	12			130		»	
193	11 mm Stahlm.	12	14.75	14.75	250	305	nicht def.	
194	dto.	12			360		» »	
195	dto.	12			—		» »	
196	8 mm Nickelmant.	12	—		245		» »	
							» »	
197	dto.	12	6.0		160	220	» »	
198	dto.	12	7.0	7 1	250		» »	
199	dto.	12	8.8		225		Spitze gz.	
200	11 mm Blei	100	8.0	8 0	245		leichtgest.	
201	dto.	100			235	230	dto.	
202	dto.	100			240		dto.	
203	dto.	100			200		dto.	
204	11 mm Stahlm.	100	5.8		250	250	nicht def.	
205	dto.	100	7.0	6.4	—		» »	
206	8 mm Nickelmant	100	—		140		» »	
207	dto.	100	4.25		190	211	» »	
206	dto.	100	7.4	5.46	330		» »	
209	dto.	100	4.4		200		» »	
210	dto.	100	5 8		195		» »	
211	11 mm Blei	300	—		260		» »	
212	dto.	300	—		200	200	» »	
213	dto.	300	4.6	5.3	140		» »	
214	dto.	300	6 0		—		» »	
215	11 mm Stahlm.	300	5.8	5.8	210	210	» »	
216	11 mm Blei	600	2.5	2.15	160	160	» »	
217	dto.	600	1.8		—		» »	
218	dto.	900	1.6	1.15	—	175	» »	
219	dto.	900	0.7		175		» »	
220	dto.	1200	1.0		—		» »	
221	dto.	1200	—	1.0	150	157	» »	
222	dto.	1200	—		165		» »	

beginnt die Deformation des Bleigeschosses sich geltend zu machen, so dass bei dieser Entfernung der zurückgelegte Weg des Stahlmantelgeschosses 250 cm gegen 230 cm des Bleigeschosses beträgt, und während bei 12 m Distanz der zurückgelegte Weg des Stahlmantelgeschosses auf 305 cm steigt, sinkt er beim Bleigeschoss auf 139 cm.

Bei Geschossen verschiedenen Kalibers zeigt sich, dass der hydraulische Druck des 8 mm Geschosses entsprechend der kleineren Angriffsfläche entschieden kleiner ist. Befremdlich mag es dagegen erscheinen, dass auch der zurückgelegte Weg beim Kleinkaliber in der vorstehenden Tabelle kleiner erscheint, als der des Grosskalibers; es findet dies jedoch darin seine Erklärung, dass das lange Nickelmantelgeschoss beim Vordringen in Wasser die normale Geschossbahn nicht einhält, sondern mit seiner Spitze gegen oben, wo der Seitendruck geringer ist, gerichtet und aus dem Wasserkasten hinausgeschleudert wird. Um das letztere zu verhindern, wurde der Kasten mit Wolldecken zugedeckt, das Nickelmantelgeschoss fiel also erst, nachdem es gegen die Decke geschleudert worden war, im Wasser zu Boden; da nur diese jeweilige Lage des Geschosses zur Messung des zurückgelegten Weges benutzt wurde, so ist einleuchtend, dass derselbe keineswegs den wirklichen Verhältnissen entspricht, sondern bedeutend grösser ist.

Wir kommen nun auf die wichtige Frage zu sprechen, ob und in welchem Grade der hydraulische Druck auch beim Schiessen auf den menschlichen Körper zu Stande kommt, und in wie weit die sog. explosiven Wirkungen der Geschosse beim Schiessen auf menschliche Körperteile auf ihn zurückzuführen sind.

Die Ansichten der verschiedenen Autoren über diesen Punkt waren und sind noch heute sehr geteilt; Reger schreibt darüber in seinem Werke über die Schussverletzungen: „Während der Erfinder des hydraulischen Drucks, Busch, die Sprengwirkung derselben nur auf den Schädel und die Diaphysen gelten lassen wollte, während er in den Epiphysen und Muskeln nur Rotationswirkung, resp. Bleiabschmelzung konstatieren wollte, nahmen Küster, Heppner und Garfinkel und später Kocher die Erklärung auch für die letzteren an. Während Vogel auf Grund seiner theoretischen Betrachtungen und Beck zum Teil auch auf Grund seiner Versuche (Eintreiben von Bolzen in den Schädel und die Röhrenknochen) den hydraulischen Druck als Ursache der Explosion absolut verwerfen, steht v. Bergmann auf dem Stand-

punkte, den hydraulischen Druck nur auf einen Teil der Verletzungen des Gehirns anzuwenden, während er für andere Fälle sowie für die Röhrenknochen denselben in Abrede stellt. Auch Bornhaupt verwirft für die Diaphysen unbedingt den hydraulischen Druck, indem er die beschriebene Wirkung in Uebereinstimmung mit der früheren Ansicht v. Langenbeck's in den Erklärungen zu Hunter einfach als Keilwirkung beschreibt."

Reger selbst, der gerade über diese Frage Versuche angestellt hat, ist der Ansicht, „dass es sich beim Zustandekommen der explosiven Erscheinungen allein nur um den hydraulischen Druck handelt und zwar gleichmässig in allen feuchten Geweben."

Da also unter den verschiedenen Autoren eine Einigung über die hydraulische Wirkung der Geschosse im menschlichen Körper nicht erzielt wurde, so versuchte ich durch angestellte Schiessversuche mir eine eigene Ansicht zu verschaffen.

Von grösster Bedeutung für das Zustandekommen des hydraulischen Drucks ist natürlich in erster Linie der Wassergehalt des tierischen Körpers. Derselbe beträgt nach Angabe von Steiner 70 %, welche sich nach einer Tabelle von Gorup-Besanez in folgender Weise auf die verschiedenen Organe verteilen:

Harn	96 %
Blut	77.9 „
Muskulatur	77.8 „
Milz	78.0 „
Leber	76.8 „
Gehirn im allgemeinen (Petrowsky)	76.1 „
„ graue Substanz	81.6 „
„ weisse „	68.3 „
Knorpel	54—70 „
Knochen, kompakte Corticalis nach Aeby	11—12 „

(nach Analogie des Krystallwassers gebunden).

Aus der vorstehenden Tabelle des Wassergehaltes des tierischen Körpers und seiner Organe geht hervor, dass man in allen Weichteilen des Körpers von vornherein hydraulische Druckwirkung erwarten kann, jedoch ist dabei zu bedenken, dass jedes in eine Zelle eingeschlossene Flüssigkeitsteilchen im tierischen Gewebe seine Kapsel zuvor dehnen oder sprengen muss, ehe es den Druck auf die benachbarten Zellen übertragen kann; wenn man ferner bedenkt, dass zu diesem Vorgang immerhin einige Zeit erforderlich ist, so kann man schon a priori behaupten, dass, wenn in den Geweben

überhaupt hydraulische Druckwirkungen entstehen, sie viel geringer sein müssen, als bei den mit Wasser gefüllten Blechbüchsen oder dem Wasserkasten, wo das Wasser infolge seiner fast absoluten Inkompressibilität und der ausserordentlichen Labilität seiner Moleküle den Druck viel leichter auf die Wandungen der Gefässe überträgt.

Ferner ist für das Zustandekommen des hydraulischen Drucks in den Geweben, wie schon aus der Analogie mit den Blechbüchsenversuchen hervorgeht, der Umstand von hervorragender Bedeutung, ob die getroffenen Weichteile von einer rings geschlossenen, starren Kapsel eingeschlossen werden, oder ob sie von mehr elastischen Gebilden umgeben sind.

Es wird sich derjenige Teil des menschlichen Körpers für das Zustandekommen des hydraulischen Druckes am günstigsten zeigen, welcher in einer möglichst vollständig geschlossenen, starren Kapsel ein möglichst flüssigkeithaltiges Gewebe hat; je weniger ein Organ diesen Bedingungen entspricht, um so undeutlicher werden die Druckerscheinungen sein.

Es war also von vornherein klar, dass das günstigste Objekt für unsere Zwecke der menschliche Schädel sein werde, wir begannen deshalb unsere Versuche mit diesem, und zwar benützten wir zu denselben sowohl volle als enthirnte Schädel. Die Resultate der Schiessversuche sind in den folgenden Protokollen niedergelegt.

Nr. 223. 11 mm. Stahlmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Isolierter männlicher Schädel mit Hirn. Einschuss: 7 mm, 4eckig, Stirn, auf der Globella, etwas links von der Mittellinie, von den 4 Ecken gehen Hautrisse von ca. 1 cm aus, die dadurch entstandenen Hautläppchen sind nach aussen gestülpt, eine kleine Quantität Gehirn ist herausgetreten. Ausschuss: 23 mm, auf dem Scheitel etwas rechts von der Mittellinie mit zerfetzten nach aussen gestülpten Hauträndern. Die Schädelhaut sonst intakt. Einschuss im Knochen: 11mm. Ausschuss im Knochen: 3 cm, von kleinen und grossen Splittern umgeben, die durch Periost in Zusammenhang gehalten werden. Beide Orbitaldächer sind zertrümmert, von da einige Fissuren in das Keilbein, ferner Fissur in der Schuppe des linken Schläfenbeins, vom Ausschuss ausgehend, eine lange Fissur bis zum Hinterhauptloch. Das ganze Schädeldach in grossen und kleinen Splittern zertrümmert, die Basis cranii im hinteren Teil intakt mit Ausnahme der langen Fissur im Hinterhauptbein. Dura mater an einigen Stellen zerrissen und vom Knochen abgelöst. Der Schusskanal im Gehirn ist wegen der vorgeschrittenen Fäulnis nicht zu verfolgen. (Taf. IV. Fig. 3.)

Nr. 224. 8 mm. Nickelmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Isolierter männlicher Schädel mit Hirn. Einschuss: 9:14 mm, 4eckig, dicht

neben der Mittellinie, etwa an der Haargrenze. Haut nach allen Seiten eingerissen, so dass der Einschuss von dreieckigen Lappen umsäumt ist. Ausschuss: 10:17 mm dicht über der Linea semicircularis. Haut nach allen Seiten eingerissen und zwar in grösserer Ausdehnung als beim Einschuss. Auch hier dreieckige Lappen. Im Ausschuss Knochensplitter. Dura mater in der ganzen Länge des Kanals zerrissen, ebenso die weichen Häute; dicht neben der Falx ein zwei Finger breiter Streifen Gehirnsubstanz zerquetscht. Das Schädeldach ist in einer Breite von 13 cm und einer Länge von 16 cm in grosse und kleine Splitter zertrümmert, die zum Teil mit dem Periost zusammenhängen. Schädelbasis intakt.

Nr. 225. 8 mm. Nickelmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Isolierter männlicher Schädel mit Hirn. Einschuss: 8:9 mm, viereckig, 2 cm über dem linken inneren Augenbraunrand, von jeder Ecke je ein 5 mm langer Hautriss ausgehend, etwas Gehirnsubstanz ausgetreten. Ausschuss: 7:12 mm, Hautränder unregelmässig zerrissen und zwar in grösserer Ausdehnung als beim Einschuss, 6 cm über der Protuberantia occ. ext. in der Mittellinie, aus dem Ausschuss dringt Hirnmasse untermengt mit Knochengries. Im übrigen Kopfschwarte intakt. Einschuss im Knochen: 15 mm von ganz kleinen Splittern umsäumt. Ausschuss im Knochen: 15 mm von Splittern umsäumt. Das ganze Schädeldach in kleine und grosse Fragmente zersplittert. Dura teilweise zerrissen und abgelöst. Die Gehirnoberfläche mit Ausnahme der Gegend um Ein- und Ausschuss unversehrt mit der bedeckenden Pia. Der für 2 Finger durchgängige Schusskanal läuft dem Corpus callosum entlang.

Beim Schiessen mit Stahl- oder Nickelmantelgeschossen ist also die explosive Wirkung geringer als bei Schüssen mit Bleigeschossen, wo in der Regel das ganze Schädeldach mitsamt den Weichteilen zertrümmert und Knochensplitter und Gehirnmasse nach allen Richtungen geschleudert werden. Das Zerstörungsbild der beiden ersten Geschosse ist im grossen und ganzen gleich. In beiden Fällen zeigt sich in der Regel fast das gesamte Schädeldach unter der intakten Kopfschwarte in kleine und grosse Fragmente zersprengt und auch die basis cranii mehr oder weniger mit Fissuren durchsetzt; die dura mater ist in der Regel weniger zerrissen als der Knochen, während die pia mater und der oberflächliche Teil des Gehirns sogar unversehrt bleiben. Der Schusskanal ist gewöhnlich für 2 Finger durchgängig, die Hautränder, an Ein- und Ausschuss sind ausgestülpt, aus dem Einschuss ist in der Regel eine kleine, aus dem Ausschuss eine grössere Quantität Gehirnmasse ausgetreten. Der Unterschied in der Wirkung beider Geschosse ist nur der, dass Ein- und Ausschuss am Knochen beim Nickelmantelgeschoss geringere Zerstörungen und schärfere Ränder zeigt, als bei dem Stahlmantelgeschoss, und dass

die Fissuren an der Schädelbasis seltener und unbedeutender sind bei ersterem, als bei letzterem.

Der kleine Unterschied in den Wirkungen des Nickel- und Stahlmantelgeschosses ist auf das Kaliber, der grosse Unterschied zwischen den Wirkungen der Mantelgeschosse einerseits und des Bleigeschosses anderseits auf den verschiedenen Grad der Deformation zurückzuführen. Wie kann man nun diese enorme explosive Wirkung erklären? Beck [1]) schreibt darüber folgendes: „Von jeher schrieb ich die ausgedehnten Störungen, welche der Schädel durch die modernen Feuerwaffen erleidet, nicht etwa einer Höhlenpassung, sondern der enormen Perkussionskraft und der Deformierung der Geschosse zu. Bei der heftigen Propulsionskraft muss das Schädelgehäuse, dessen Knochen nicht die gleiche Stärke und Dicke, den gleichen Elastizitätsgrad, die gleiche Verbindungsart und Gestalt bei öfterer Winkelstellung der einzelnen Teile u. s. w. besitzen, vom Projektile mehr in toto erfasst, gezerrt und erschüttert werden, es muss alsdann durch das sich hierbei verunstaltende, gestauchte Bleigeschoss bei dessen Eindringen noch mehr Not leiden; ferner wird die Umgebung des Einschusses in grösserer Ausdehnung mit zerstört, weshalb Knochensplitter, in das Innere geschleudert, gleichzeitig den Zusammenhang des Gehirns in hohem Grade beeinträchtigen; überhaupt setzt sich die Gewalt infolge der geschilderten anatomischen Verhältnisse auf einem grösseren Teil fort und kann deshalb durch heftige Zerrung und Stosswirkung auch an anderen Punkten sog. indirekte Knochenläsionen bewirken. Unter Umständen trägt eine unregelmässige Rotation des Geschosses, ein Aufschlagen desselben mit der grösseren Angriffsfläche das Ihrige zu diesem Vorgange bei. Immer bleiben aber die enorme Perkussion und die Deformierung des Projektiles Hauptursache."

Diese seine Ansicht gründet Beck auf folgenden Versuch, den er anstellte. Er sägte aus der Schläfen- und Scheitelgegend eines Schädels, mittelst einer kleinen Trepankrone ein kreisförmiges Stück aus, und trieb hierauf, nach Einschneiden der Dura, einen 20 cm langen gedrehten Bolzen aus Eichenholz oder einen solchen von Eisen von der Stärke des deutschen Ordonnanzgewehres und dem Durchmesser der Trepankrone angepasst durch einen kräftigen Hammerschlag, 14—15 cm tief, quer oder schräg durch das Gehirn. Daraus nun, dass bei diesen Versuchen, sich nie Veränderungen an Schädeldach und Gehirn zeigten, welche auf die Wirkung eines hydraulischen Druckes

1) B. v. Beck, Ueber die Wirkung moderner Gewehrprojektile. S. 70.

schliessen liessen, schliesst Beck, dass auch unsere modernen Feuerwaffen keine Höhlenpressung im Schädel hervorzurufen im Stande seien. Nun aber bin ich demgegenüber der Ansicht, dass die Kraft selbst eines sehr kräftigen Hammerschlages nicht verglichen werden kann mit der lebendigen Kraft eines Geschosses aus kurzer oder mittlerer Entfernung, Beck hat also mit seinem Versuche günstigsten Falls nur bewiesen, dass ein Geschoss aus sehr grosser Entfernung, d. h. bei sehr geringer lebendiger Kraft, nicht im Stande ist, im Schädel hydraulischen Druck hervorzurufen, und in der That habe ich bei einem Schuss aus 900 m, wo die lebendige Kraft des Geschosses immerhin noch grösser sein dürfte als die eines Hammerschlages, einen reinen Lochschuss durch den Schädel erhalten (siehe Nr. 151), es war also bei dieser Entfernung ein hydraulischer Druck im Schädel jedenfalls nicht zu Stande gekommen. Mag also Beck mit seiner Behauptung für sehr grosse Entfernungen Recht haben, für kurze und mittlere Entfernungen hat er jedenfalls durch seine Versuche nichts bewiesen.

Wenn die Theorie Beck's richtig wäre, so müsste unter sonst gleichen Umständen ein Schuss auf einen Schädel ohne Hirn denselben Grad von Zerstörung hervorrufen, wie ein solcher auf einen Schädel mit Hirn, jedenfalls müsste dies bei Blei eintreffen, das neben enormer Perkussion auch einen hohen Grad von Deformation zeigt.

Um diesen Punkt festzustellen, habe ich zwei Schädel vom Hinterhauptsloch aus enthirnt und auf den einen mit Blei-Geschoss, auf den andern mit Nickelmantelgeschoss geschossen.

Nr. 226. 11 mm. Blei-Geschoss. 12 m Distanz. Isolierter männlicher Schädel ohne Hirn. Einschuss: 11 mm mit Hauteinrissen, an der linken Seite der Stirn oberhalb der Mitte des linken Orbitalrandes, die begrenzenden Hautläppchen nach innen gestülpt. Ausschuss: 20 mm mit strahligen Einrissen links von der Protuberantia occ. ext. Einschuss im Stirnbein: 13 : 15 mm, ganz scharfrandig und ohne Fissuren. Ausschuss im Hinterhauptbein: 18 : 25 mm links dicht unter der Lambdanaht. Vom Ausschuss verläuft horizontal eine haarfeine Fissur bis zur Mittellinie. Nach Abziehen der Dura zeigt sich an Schädeldach und Schädelbasis keine weitere Verletzung. (Taf. IV. Fig. 4. u. 5.)

Geschoss: gestaucht auf 15 mm, pilzförmig.

Nr. 227. 8 mm. Nickelmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Isolierter männlicher Schädel ohne Hirn. Einschuss: 7 mm mit radiären Einrissen, Stirne, Mitte der Haargrenze. Ausschuss: kein Defekt, sternförmiger Riss von 15 : 28 mm, in der Mittellinie über der Protuberantia occ. ext. Einschuss im Stirnbein: 8 mm, nach unten scharfrandig,

nach oben mit geringer Splitterung. Ausschuss im Hinterhauptbein: 12 mm in der Tabula externa grösser als in der interna. Nach Ablösen der Kopfschwarte zeigt sich das übrige Schädeldach intakt. Nach Eröffnung des Schädels und Abziehen der Dura zeigt sich auch innen Schädeldach und Basis frei von Verletzungen.

Das Ergebnis der beiden Schüsse ist bei beiden Geschossen übereinstimmend, ein Lochschuss mit ganz geringer Splitterung. Ein- und Ausschuss sind auf Seiten des Bleigeschosses etwas grösser, die Wirkung im übrigen völlig gleich.

Die Zerstörungen, die sich am enthirnten Schädel zeigen, stehen mit den am vollen Schädel hervorgerufenen in keinem Verhältnis, und es ist wohl unzweifelhaft, dass die explosive Wirkung der Geschosse bei Schüssen auf den Schädel in erster Linie abhängig ist von der Füllung desselben mit flüssigkeitsreichem Gewebe, und dass gerade die groben, weitgehenden Zerstörungen Folge des hydraulischen Druckes sind.

In ähnlicher Weise suchte ich zu entscheiden, ob die explosive Wirkung der Geschosse beim Schiessen auf Röhrenknochen ebenfalls auf hydraulischen Druck zurückzuführen sei. Zu diesem Zwecke entfernte ich aus den verschiedenen Röhrenknochen das Mark und schoss auf die betreffenden Extremitäten, und zwar kamen hiebei Blei- und Stahlmantelgeschosse zur Verwendung.

Nr. 228. Japan. Blei. 12 m Distanz. Rechter Unterschenkel im Zusammenhang mit allen Weichteilen, Tibia vom Kniegelenk aus entmarkt. Einschuss: 15 mm mit leichten Einrissen, in der Mitte der Vorderfläche der Tibia. Ausschuss: in der Wade, 3 grosse Hautrisse von 10, 11 und 13 cm, so dass dadurch die Haut in der Ausdehnung einer ausgestreckten Hand zerrissen ist, daraus hängen Knochensplitter und Muskelfetzen heraus. Tibia frakturiert in einer Ausdehnung von 10 cm mit typischen, divergierenden Bruchlinien. Fibula ebenfalls in einer Ausdehnung von 10 cm zersplittert. Hinter der Bruchstelle zeigt sich ein gänseeigrosser Zertrümmerungsheerd in der Muskulatur mit vielen kleinen Knochensplittern. (Vergl. Nr. 188.)

Nr. 229. Japan. Blei. 12 m Distanz. Linker Oberschenkel im Zusammenhang mit allen Weichteilen, Femur vom Kniegelenk aus entmarkt. Einschuss: 10 mm kreisrund, an der Vorderfläche der unteren Hälfte des Oberschenkels. Ausschuss: 120 mm langer Längsriss, ausgefüllt durch Muskelfetzen und Knochensplitter, ausserdem nach aussen 2 Hautrisse von 25 und 50 mm Länge. Femur in der Ausdehnung von 11 cm zersplittert. Hinter der Bruchstelle in der Muskulatur ein mannsfaustgrosser Zertrümmerungsheerd. (Vergl. Nr. 187.)

Geschoss: hutförmig deformiert, eine Hälfte des Randes abgerissen. (Taf. I Fig. 8.)

Nr. 230. 11 mm Stahlmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Rechter Oberschenkel in Zusammenhang mit allen Weichteilen, Femur vom Kniegelenk aus entmarkt. Einschuss: 9 mm, kreisrund, Mitte der Vorderfläche des Oberschenkels. Ausschuss: 12:18 mm, an der Hinterfläche, zerrissen. Einschuss im Femur dem Kaliber entsprechend, davon ausgehend typisch divergierende Bruchlinien, mit 4 grossen Splittern. Am unteren Ende des oberen Fragmentes Periostablösung von 1.5 cm, am oberen Ende des unteren Fragmentes 1 cm. Femur frakturiert in der Ausdehnung von 7 cm. Ausschuss im Knochen gebildet durch einen Herd von kleinen Knochensplittern. Der Schusskanal in der Muskulatur vor der Bruchstelle etwa dem Kaliber entsprechend, derjenige in der Muskulatur hinter der Bruchstelle für den Daumen durchgängig.

Geschoss: nicht deformiert.

Nr. 231. 11 mm Stahlmantel-Geschoss. 12 m Distanz. Rechter Oberarm im Zusammenhang mit allen Weichteilen, Humerus vom oberen Gelenkkopf aus entmarkt. Einschuss: 10 mm kreisrund, in der Mitte der Vorderfläche. Ausschuss: 7 mm, rundlich, etwas eingerissen. Einschuss im Humerus: 13 mm, scharfrandig. Ausschuss: 3 cm. Humerus frakturiert in einer Ausdehnung von 7 cm. Schusskanal in der Muskulatur vor dem Knochen etwas grösser als Einschuss. An der Bruchstelle keine Periostablösung. Schusskanal hinter der Bruchstelle für Daumen durchgängig, mit kleinen Knochensplittern.

Die Resultate meiner vergleichenden Schiessversuche auf Röhrenknochen mit und ohne Mark ergeben keine nennenswerte Verschiedenheit in der Wirkung des Geschosses auf die Diaphyse. Die Zersplitterungen waren bei dem Bleigeschoss in beiden Fällen gleich weitgehende; mit Stahlmantelgeschoss habe ich nur auf entmarkte Knochen geschossen, die dem Bleigeschoss gegenüber etwas geringeren Zerstörungen, die man mit demselben erhielt, sind durchaus auf Rechnung der grösseren Härte des Geschosses zu setzen.

Was den Schusskanal vor dem getroffenen Knochen betrifft, so könnte man erwarten, dass derselbe beim Zustandekommen des allseitig wirkenden hydraulischen Druckes erweitert wäre oder Zeichen sekundärer Zerstörung durch zurückgeschleuderte Knochensplitter etc. zeigen würde, derselbe war aber in allen Fällen völlig glatt, frei von Splittern und sein Durchmesser dem Kaliber entsprechend. Ein weiterer Grund gegen das Zustandekommen des hydraulischen Drucks beim Schiessen auf Röhrenknochen ist der Umstand, dass in den meisten Fällen der Inhalt der Markhöhle nur in der Ausdehnung der Zersplitterung der Cortikalis verletzt war, während

man doch annehmen sollte, dass gerade die dünnen Knochenblättchen der Markhöhle, welche dem allseitig wirkenden hydraulischen Druck am wenigsten Widerstand entgegensetzen, in um so grösserer Ausdehnung zerstört werden.

Weiterhin wächst, wie der Versuch am Badekasten gezeigt hat, der hydraulische Druck mit Zunahme der Geschwindigkeit resp. mit Abnahme der Entfernung, so dass er selbst bei dem sich nicht deformierenden Stahlmantelgeschoss bei 12 m etwa 15 mal so gross ist als bei 900 m. Man sollte also erwarten, das Zustandekommen des hydraulischen Druckes vorausgesetzt, dass beim Schiessen auf Röhrenknochen mit Mark aus den beiden genannten Distanzen sich sehr bedeutende Verschiedenheit in der Grösse der bewirkten Zerstörungen bemerkbar machen, dies ist aber durchaus nicht in nennenswertem Masse der Fall.

Was nun das Zustandekommen des hydraulischen Druckes an den Epiphysen betrifft, so wird dasselbe bei den grossen Röhrenknochen nach Reger's Versuchen von einer Entfernung von 300 m ab beobachtet. Dem widersprechend habe ich bei meinen Schiessversuchen bei 300 m einen reinen Lochschuss des Femur erhalten (siehe Taf. III. Fig. 1 u. 2), erst bei 100 m beobachtete ich das von Kocher beschriebene „Platzen“ der Epiphyse und zwar beim Auftreffen eines Stahlmantelgeschosses auf den Schenkelhals des Femur. Die am Rande der dadurch entstandenen hühnereigrossen Höhlung hängenden zerfetzten Knorpelteile und losen Splitter waren nach dem Schützen zu ausgestülpt (siehe Nr. 179); da ich nun bei meinen Schiessversuchen die Erfahrung gemacht habe, dass das Stahlmantelgeschoss beim Schiessen auf Epiphysen sich fast gar nicht deformiert, so kann die Hauptursache der eben geschilderten explosiven Wirkung nicht auf die Deformation zurückzuführen sein, sondern muss wesentlich durch den hydraulischen Druck seine Erklärung finden.

Um zum Schlusse zu kommen, so glaube ich, dass auf die Frage, ob der hydraulische Druck in flüssigkeitshaltigen Geweben überhaupt zustande kommt, wohl unbedingt mit ja geantwortet werden darf. Eine andere Frage ist es, wie weit der hydraulische Druck zur Erklärung der durch das Geschoss bewirkten explosiven Wirkung in den verschiedenen Körperteilen herangezogen werden darf. Durch meine Schiessversuche bin ich zu der Ansicht gelangt, dass der hydraulische Druck nennenswerte Zerstörungen im menschlichen Körper nur hervorruft 1) wenn das flüssigkeitshaltige Ge-

webe in starren Wandungen eingeschlossen ist und 2) wenn die Masse der eingeschlossenen flüssigkeitshaltigen Gewebe in einem gewissen Verhältnis zur Festigkeit und Dicke der umgebenden Wandungen steht. Diese beiden Bedingungen sind erfüllt bei dem Schädel und bei den Epiphysen. Dagegen vermag der hydraulische Druck bei den elastischen Wandungen des Muskelgewebes keine weitgehenden Zerstörungen hervorzurufen. Bei dem Diaphysenteil der Röhrenknochen andererseits steht das eingeschlossene flüssigkeitshaltige Gewebe in einem so verschwindenden Verhältnis zur Dicke und Festigkeit der einschliessenden Wandungen, dass der allenfalls hervorgerufene hydraulische Druck wohl den allergeringsten Anteil an den durch das Geschoss bewirkten weitgehenden Zerstörungen hat und ohne Fehler ganz ausser Berechnung gelassen werden kann. Diese letzteren müssen vielmehr ihre Erklärung in anderweitigen, hauptsächlich mechanischen Momenten finden, welche wir im nächsten Abschnitt des näheren besprechen wollen.



6. Rein mechanische Momente.

Unter den rein mechanischen Momenten zur Erklärung des Zustandekommens der explosiven Geschosswirkung verdient in erster Linie Erwähnung die sog. Keilwirkung, auf welche zuerst Langenbeck aufmerksam gemacht hat. Nach Bornhaupt[1]) ist die Keilwirkung am besten zu studieren an den sog. Lochschüssen der Epiphysen. „Die Kugel“, schreibt er, „dringt gleichsam die Wände des Schusskanals auseinander; die Epiphyse platzt entsprechend ihrem architektonischen Baue, also den Spannungstrajektorien des Balkengerüstes in ihrer ganzen Dicke.“ Daher kommt es nach seiner Ansicht, dass diese Spalten an den das Kniegelenk konstituierenden Epiphysen immer eine senkrechte Richtung haben, dagegen am unteren Humerusende bald quer, bald schräg verlaufen. Auch ich habe einmal bei 300 m diese Spaltbildung an der unteren Epiphyse des Femur beobachtet, der Schuss war aber in sofern kein reiner, als das Geschoss zuvor die Patella durchschlug und bei dieser Gelegenheit eine Deformation erlitten haben wird, welche vermutlich die Ursache der Spaltbildung war (das Genauere siehe Nr. 166); dafür spricht auch der Umstand, dass ich bei derselben Distanz am Schenkelhals einen reinen Lochschuss erhielt (siehe Nr. 165, Tafel III, Fig. 1 und 2). Bei 300 m und über diese Entfernung hinaus

1) Langenbeck's Archiv. Bd. XXV p. 619.

beobachtete ich selbst bei Bleigeschossen kein Platzen der Epiphyse mehr, erst bei einer Entfernung von 100 m sah ich die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene explosive Wirkung am Schenkelhals des Femur, von der ich aber glaube, dass sie nicht auf Keilwirkung, sondern auf den hydraulischen Druck zurückzuführen ist (Nr. 179).

Eine weitere Theorie ist die sog. „Sprengung" Kocher's[1]. Er versteht darunter eine Seitenwirkung in Form einer besonderen Art von Erschütterung, welche er besonders an Glasscheiben studiert hat. Der Unterschied zwischen der gewöhnlichen Erschütterung und der „Sprengung" besteht nach seinen eigenen Worten darin, „dass z. B. bei einem Steinwurfe die vom Stein getroffenen Teilchen der Glasscheibe in der Richtung des Wurfes weiter bewegt werden und auch die anstossenden Teilchen mit sich zerren. Es ist also mitgeteilte Bewegung in der Richtung des bewegten Körpers, welche schliesslich ein Zerbrechen der Scheibe in der Richtung grösserer Spaltbarkeit oder in den Linien, wo stärkere und schwächere Bewegung zusammenstossen, zur Folge hat. Bei dem Gewehrschuss dagegen ist eine Mitbewegung in der Richtung des durchtretenden Geschosses nicht zu beobachten. Es handelt sich vielmehr um eine von der Richtung der Kugel und des mitgerissenen Stücks der Scheibe unabhängige Wirkung nach den Seiten hin. Dieselbe kommt unter ganz analogen Verhältnissen zur Geltung, wie die hydraulische Pressung, nämlich bei enorm gesteigerter Geschwindigkeit, welche ein Ausweichen der getroffenen Teilchen nicht rasch genug gestattet, die in der gegebenen gegenseitigen Stellung gleichsam überrascht werden. Wir fassen diese Seitenwirkung bei festen Körpern unter dem Ausdruck der Sprengung zusammen mit der hydraulischen Pressung, wie sie bei Flüssigkeiten vorkommt."

Ich habe die Versuche Kocher's mit den Glasscheiben wiederholt und bin dabei, wie aus untenstehenden Protokollen ersichtlich, zu Resultaten gelangt, welche mit den seinen übereinstimmen.

Die Glasscheibe hatte eine Grösse von 30 qcm und eine Dicke von 3 mm. Sie wurde der leichten Handhabung wegen in einen Holzrahmen eingelegt und nach jedem Schusse herausgenommen.

Nr. 232. Japan. Blei. 12 m Distanz. Einschuss: 12:15 mm, Ausschuss: 20 mm kreisrund. Der Schusskanal ist trichterförmig

1) Kocher, Schusswunden. S. 65.

und auf der Wandung zeigen sich treppenförmige konzentrische Absätze. Von da aus strahlen zahlreiche, sonnenartig radiäre Sprünge von 10—15 cm. Um diese herum ein Netzwerk von unregelmässig zackigen Fissuren, so dass um das Schussloch 3 Zonen, eine für Strahlensprünge, eine für Netzsprünge und eine freie Randzone, entstehen. Ferner finden sich 3 grosse, wenig zackige Bruchlinien, welche durch 3 Zonen bis an den Rand verlaufen und die Scheibe in 3 Stücke teilen.

Nr. 233. Japan. Blei. 12 m Distanz. Einschuss: 13:14 mm, Ausschuss: 28:32 mm. Der Schusskanal ist trichterförmig und auf der Wandung zeigen sich treppenförmige konzentrische Absätze. Strahlensprünge in einer Länge von 2—2.5 cm. Netzwerkzone von Fissuren, breiter als bei Nr. 232. Ferner verlaufen 6 Bruchlinien durch die ganze Scheibe bis zum Rand.

Nr. 234. Japan. Blei. 100 m Distanz. Einschuss: 12:14 mm. Ausschuss: 25:40 mm. Treppenförmige Absätze unregelmässig, Strahlenbildung spärlich, Ausdehnung 2—2.5 cm lang. Ferner 2 Bruchlinien bis zum Rand.

Nr. 235. 11 mm Kupfermantel-Geschoss. 100 m Distanz. Einschuss: 14:18 mm. Ausschuss: 35 mm, kreisrund. Treppenbildung und Strahlensprünge wie Nr. 234. 6 Sprünge bis zum Rand.

Nr. 236. Japan. Blei. 300 m Distanz. Einschuss: 12:17 mm, Ausschuss: 35 mm, kreisrund. Strahlenbildung mässig, 2—2.5 cm lang. An einer Seite der Scheibe zeigt sich Netzwerk. 2 Bruchlinien verlaufen durch die ganze Scheibe.

Nr. 237. 11 mm Stahlmantel-Geschoss. 300 m Distanz. Einschuss: 14 mm, kreisrund. Ausschuss: 28:30 mm. Strahlenbildung spärlich, 10—15 mm lang, Netzwerk kaum. 6 grosse Fissuren fast bis zum Rand.

Nr. 238. Japan. Blei. 600 m Distanz. Einschuss: 17 mm, kreisrund. Ausschuss: 40 mm, Strahlenbildung spärlich, 1.5—2 cm lang. Netzwerk fehlt. 6 Bruchlinien bis zum Rand.

Nr. 239. Japan. Blei. 600 m Distanz. Einschuss: 15 mm, zackig. Ausschuss: 35 mm. Strahlenbildung mässig, 2—2.5 cm lang, Netzwerk kaum sichtbar. 2 grosse Bruchlinien bis zum Rand.

Nr. 240. Japan. Blei. 900 m Distanz. Einschuss: 15:18 mm. Ausschuss: 30 mm, kreisrund. Strahlenbildung spärlich, 2 cm lang. Netzwerk fehlt. 3 grosse Bruchlinien bis zum Rand.

Nr. 241. Japan. Blei. 1200 m Distanz. Einschuss: 20:25 mm. Ausschuss: 46 mm, kreisrund. Strahlensprünge 2—2.5 cm. Netzwerk fehlt. 3 Bruchlinien bis zum Rand.

Im allgemeinen ergaben also die Schüsse auf Glasscheiben folgendes Bild: Einschuss kleiner als Ausschuss, der Schusskanal also trichterförmig, von dem Schussloch aus strahlen sonnenartig radiäre

Sprünge von verschiedener Länge, um diese Sprünge herum zeigt sich ein unregelmässiges, zackiges Netzwerk von Fissuren, welches je nach der Schussdistanz grössere oder geringere Ausdehnung zeigt, ausserdem verlaufen vom Schussloch aus regelmässig 2—6 grössere Bruchlinien bis zum Rand der Scheibe. Was den Unterschied in der Wirkung bei den einzelnen Entfernungen betrifft, so wird der Ein- und Ausschuss mit Abnahme der Entfernung kleiner und schärfer, die radiären Strahlen sind zahlreicher, kürzer und feiner, während das Netzwerk der zackigen Fissuren an Ausdehnung zunimmt, so dass bei 12 m nur die Randzone der Scheibe frei von den letzteren bleibt, während sie bei 600 m ein kaum sichtbares, unbedeutendes Netzwerk und bei 900 und 1200 m ganz frei davon war.

Bemerkenswert scheint es mir, dass die grossen Hauptfissuren, welche in der Regel 2—6 an der Zahl bis zum Rande der Scheibe verliefen und dieselbe dadurch in 2—6 Bruchstücke teilten, die nur noch durch den Holzrahmen zusammengehalten wurden, bei jeder Distanz ohne Ausnahme sich zeigten. Das Resultat meiner Versuche ist also im ganzen dem von Kocher gleich, welcher schreibt: „es bestätigt sich also die Annahme, dass mit zunehmender Geschwindigkeit ein um so schärferer und dem Umfang des Geschosses konformerer Defekt erzielt wird, aber es kommt als neues hinzu, dass trotzdem die Seitenwirkung proportional der Geschwindigkeit an Intensität wächst.“ Kocher ist also der Ansicht, dass die netzartig verlaufenden Fissuren, welche mit zunehmender lebendiger Kraft des Geschosses an Ausdehnung gewinnen, eine Folge der „Sprengung“ sind. Er hat ebenfalls die obengenannten 2—6 bei jeder Distanz konstant auftretenden Sprünge bis zum Rand beobachtet, scheint aber denselben keine besondere Bedeutung zuzumessen; ich glaube, dass diese langen, wenig zackig verlaufenden Sprünge zum Unterschied von den andern Fissuren, nicht auf Sprengung, sondern auf Kommotionswirkung zurückzuführen sind.

Eine andere Erklärung für die Geschosswirkung, besonders auf die Diaphysen der langen Röhrenknochen hat Bornhaupt[1]) in seiner Kombinationstheorie zu geben versucht. „Wenn man“, sagt er, „von der Kommotion absieht, so hätte man zunächst an die Möglichkeit zu denken, ob die durch das Geschoss bewirkten Risse nicht durch die Gestaltveränderung bedingt werden dürften, welche die

1) Langenbeck's Archiv Bd. XXV. S. 620.

Knochenröhre als Ganzes durch das aufschlagende Projektil erfährt." Für die Möglichkeit dieser Annahme spricht nach Bornhaupt's Ansicht einmal die bedeutende Härte des Knochens und der bedeutende Widerstand, der dadurch dem Eindringen der Kugel entgegengesetzt wird, andererseits der Umstand, dass der Röhrenknochen einen ganz bedeutenden Grad von Festigkeit besitzt. Die Gestaltveränderung nun, die der Röhrenknochen beim Auftreffen des Geschosses erleidet, lässt sich nach Bornhaupt als eine zweifache denken: „entweder die Knochenröhre verhält sich der Kugel gegenüber wie ein Stab, der in seiner Längsaxe geknickt wird, es müsste zum Querbruche kommen, oder aber, der Röhrenknochen verhält sich der Kugel gegenüber wie ein Ring, der zusammengepresst wird."

Als Beispiel eines durch Knickung in der Längsaxe entstandenen Querbruches erwähnt er einen Femurquerbruch, welcher offenbar durch ein mattes Projektil erzeugt ist, welches zuerst aus dem medialen Condylus eine Rinne ausgeschlagen und dann die Femurdiaphyse quer durchbrochen hat, an der Frakturstelle eine Delle hinterlassend. Gerade dieses Beispiel scheint mir eher gegen als für die Theorie Bornhaupt's zu sprechen. Wenn eine Knickung des Knochens durch direkte Gewalt zu Stande kommen soll, so muss diese Gewalt mehr oder weniger senkrecht zur Diaphyse einwirken, dies ist aber, wie der Verlauf der Rinne am Condylus des betr. Knochens beweist, nicht der Fall, vielmehr trifft das Geschoss die Diaphyse unter einem sehr spitzen Winkel. Angenommen aber, der Bruch wäre durch Knickung zu Stande gekommen, so ist es nicht wahrscheinlich, dass ein Querbruch zu Stande gekommen wäre, da in diesem Falle, wie die Bruns'sche Biegungstheorie[1]) lehrt: „dass die Trennung des Knochens in der Regel nicht in einer einzigen queren oder schrägen Richtung vor sich geht, sondern dass die Bruchlinie sich gabelig teilt und konstant in zwei bogenförmig divergierende Schenkel ausläuft. Durch diese beiden Schenkel der Bruchlinie wird ein keilförmiges Fragment umgrenzt, dessen Basis der Druckrichtung, d. h. der Konkavität im Momente des Ausbiegens entspricht." Es spricht also gerade der Umstand, dass der angeführte Femur einen Querbruch zeigt, dagegen, dass dieser Bruch durch Biegung zu Stande kam. Bei all meinen Schiessversuchen auf Diaphysen habe ich beobachtet, dass die Fissuren vom Einschuss nach auf- und abwärts divergierend verliefen, die Basis des dadurch

---

1) Bruns's Beiträge z. klin. Chirurgie. Bd. 1. S. 2.

umschriebenen Keiles liegt also der Einschussöffnung gegenüber, während sie, wenn die Fissuren durch Biegung entstanden wären, auf der Seite der Einschussöffnung liegen müsste.

Es kann also wohl von einer Knickung des Knochens durch das auftreffende Geschoss keine Rede sein.

„Unter Umständen", fährt Bornhaupt fort, „verhält sich die Knochenröhre der Kugel gegenüber wie ein Ring, den man von entgegengesetzten Seiten aus zusammenpresst. Bekanntlich springen solche Ringe, der Verteilung von Druck- und Zugspannung entsprechend, in vier gleich grosse Stücke. Ueberträgt man dieses Verhältnis auf einen Hohlcylinder, so müsste derselbe, dem Querdruck unterworfen, in vier symmetrisch angeordneten Längsrissen auseinanderplatzen." Zum Beweise hiefür hat Bornhaupt mittelst eines Apparates, welcher sonst zur Bestimmung der Festigkeit des Holzes dient, frische menschliche Röhrenknochen auf ihre rückwirkende Festigkeit beim Querdrucke geprüft und gefunden, dass dieselben je nach der Konfiguration der gepressten Stelle, in 2, 3, meist aber in 4 Längsstreifen auseinander platzten. Bornhaupt hat also die typische Gestaltung der Fissuren bei Diaphysenschussverletzungen durch die Kombination der Knickung des Knochens in seiner Längsaxe und der Pressung in querer Richtung zu erklären gesucht, indem er annimmt, dass die Knickung wesentlich quere Fissuren, die Pressung Längsfissuren hervorrufe; da aber, wie schon gesagt, das erstere kaum richtig sein dürfte, so wird damit die ganze Theorie unhaltbar. Ueberdies kann man kaum die langsam wirkende Kraft, wie sie der zur Pressung verwendete Apparat leistet, welche hinlänglich Zeit hat, sich über den ganzen Röhrenknochen zu verbreiten, mit der ungeheuren, in einem Punkte angreifenden lebendigen Kraft eines anstürmenden Geschosses vergleichen.

Ich bin also der Ansicht, dass die weitgehenden Splitterungen und Fissuren beim Schuss auf Diaphysen nicht durch Biegung und Pressung erklärt werden können, sondern glaube, dass wesentlich die „Sprengung" und Kommotion Ursache derselben sind, und dass ein begünstigendes Moment für diese Kräfte in der Härte und Sprödigkeit und der röhrenförmigen Gestaltung der Röhrenknochen zu suchen ist.

Um diese Annahme zu bestätigen, habe ich Schiessversuche auf Glasröhren angestellt. Die letzteren hatten eine Länge von 30 cm, einen Durchmesser von 2 cm und eine Wandungsdicke von 2 mm. Die ganze Oberfläche derselben war mit breitem Heftpflaster fest

umwickelt und 2 Schnüre der Länge nach unter dem Heftpflaster angebracht, um einerseits das Aufhängen der Röhre zu ermöglichen, anderseits die durch den Schuss zerbrochenen Fragmente möglichst zusammenzuhalten.

Nr. 242. Japan. Blei. 12 m Distanz. Defekt am Einschuss 3.5 cm, am Auschuss 12 cm, derjenige an den Seitenwänden nimmt vom Ein- zum Ausschuss zu, so dass beide Fragmentenden am Einschuss typisch zugespitzt sind. Ausserdem sind beide Fragmente von zahlreichen, unregelmässig verlaufenden Fissuren und Bruchlinien durchsetzt, so dass die Röhre in der Ausdehnung von 18 cm in Splittern frakturiert ist. Heftpflaster an der hinteren Wand meist aufgegangen.

Nr. 243. Japan. Blei. 12 m Distanz. Defekt am Ein- und Ausschuss ziemlich gleich und 12 cm lang. Beide Fragmente sind von unregelmässigen Bruchlinien durchsetzt, so dass die Röhre in der Ausdehnung von 21 cm frakturiert ist.

Nr. 244. Japan. Blei. 12 m Distanz. Defekt am Einschuss: 3 cm, am Ausschuss: 9.5 cm, derjenige an der Seitenwand nimmt von Aus- zu Einschuss ab, so dass beide Bruchenden am Einschuss typisch zugespitzt sind. Ferner sind die beiden Fragmente von zahlreichen unregelmässigen Bruchlinien durchsetzt. Die Röhre ist frakturiert in der Ausdehnung von 18 cm in Splittern.

Nr. 245. 11 mm Kupfermantel-Geschoss. 12 m Distanz. Defekt am Einschuss: 6.5 cm, am Ausschuss: 9.5 cm. Beide Bruchenden sind nicht typisch und von unregelmässigen Bruchlinien durchsetzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 19 cm.

Nr. 246. Japan. Blei. 100 m Distanz. Die Röhre fehlt in ihrer Mitte 15 cm lang, die beiden Bruchenden sind von Bruchlinien durchsetzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 19.5 cm.

Nr. 247. Japan. Blei. 100 m Distanz. Defekt am Einschuss: 7.5 cm, am Ausschuss: 10 cm, Bruchenden atypisch. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 14.5 cm.

Nr. 248. Japan. Blei. 300 m Distanz. Defekt am Einschuss: 2 cm, am Auschuss: 10 cm. Bruchenden typisch zugespitzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 18 cm.

Nr. 249. Japan. Blei. 300 m Distanz. Defekt am Einschuss: 5.5 cm, am Ausschuss: 10 cm. Bruchenden typisch zugespitzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 13.5 cm.

Nr. 250. 11 mm Stahlmantel-Geschoss. 300 m Distanz. Defekt einfach 10 cm. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 15 cm.

Nr. 251. Japan. Blei. 600 m Distanz. Defekt einfach 12.5 cm lang. Splitterbruch in der Ausdehnung von 16 cm.

Nr. 252. Japan. Blei. 600 m Distanz. Defekt am Einschuss: 3.5 cm, am Ausschuss: 6 cm, Bruchenden typisch zugespitzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 15 cm.

Nr. 253. Japan. Blei. 600 m Distanz. Defekt am Einschuss: 3.5 cm, am Ausschuss: 13 cm, Bruchenden typisch zugespitzt. Splitterfraktur in der Ausdehnung von 19 cm.

Nr. 254. Japan. Blei. 900 m Distanz. Defekt am Einschuss: 9.5 cm, am Ausschuss: 19 cm. Bruchenden atypisch. Splitterbruch in der Ausdehnung von 23 cm.

Nr. 255. Japan. Blei. 12 m Distanz. Defekt am Einschuss: 3 cm, am Ausschuss: 4.5 cm. Bruchenden atypisch. Splitterbruch in der Ausdehnung von 15 cm.

Aus den Protokollen ergibt sich, dass die Glasröhren bei 12 m Distanz 18—21 cm, bei 100 m Distanz 14.5—19.5 cm, bei 300 m Distanz 13—18 cm, bei 600 m Distanz 15—19 cm, bei 900 m Distanz 23 cm, bei 1200 m Distanz 15 cm lang fraktuiert waren, dass also kein wesentlicher Unterschied in der Ausdehnung der Bruchlinien in Bezug auf die verschiedenen Distanzen sich zeigte, dagegen zeigten die Bruchlinien in der Hälfte der Fälle die typische Gestaltung, wie wir sie durch Schüsse auf Diaphysen erhielten und anderwärts beschrieben haben.

Wir haben gesehen, dass die beschossenen Glasscheiben bei 12 und bei 1200 m Sprünge bis zum Rande zeigten und haben diese auf Kommotion zurückgeführt; in der Kommotion wird es daher auch begründet sein, dass Glasröhren und Röhrenknochen beim Schiessen aus verschiedenen Entfernungen gleich weitgehende Fissuren zeigen, während die mehr zentral um den Einschuss auftretende Splitterung, die mit der Distanz abnimmt, auf Rechnung der „Sprengung" zu setzen sein wird. Was schliesslich die typische Anordnung der Bruchlinien an der Diaphyse betrifft, so glaube ich, dass dieselbe bedingt ist durch die röhrenförmige Gestaltung, die Sprödigkeit und die Strukturverhältnisse der Corticalis.

Was bisher über Sprengung und Kommotion bei Röhrenknochen gesagt wurde, gilt nicht für platte Knochen; denn Schüsse auf einen Schädel mit Hirn auf 900 m Distanz (Nr. 151), ohne Hirn auf 12 m Distanz (Nr. 229, Tafel IV, Fig. 4 und 5), selbst mit 11 mm Weichbleigeschossen abgefeuert, gaben Lochschüsse in Knochen, während Röhrenknochen wie gesagt in der Regel mit Splittern frakturierten. Diese Thatsachen stimmen mit den Versuchsresultaten von Messerer[1]) mit der Werder'schen Druckmaschine überein. Derselbe schreibt: „Der Schädel wurde durch diesen konzentrierten Druck, entsprechend dem Durchmesser des Bolzens, durchlocht, ohne

1) Ueber Elektrizität und Festigkeit der menschlichen Knochen. p. 27. u. 37.

dass die nächste Umgebung der gedrückten Stelle in Mitleidenschaft gezogen wurde.“ Dagegen bekam auch er bei Versuchen an Röhrenknochen keine reinen Lochverletzungen; er schreibt darüber: „Es wurde bei Druck auf den Knochenschaft derselbe wie ein zwischen den Fingern zusammengepresstes Schilfrohr unter Entstehung ausgedehnter Längsfissuren eingedrückt.“

Was endlich die explosive Wirkung des Geschosses auf den Schusskanal hinter dem Knochen betrifft, so haben wir schon betont, dass weder der hydraulische Druck noch die Deformation ausschlaggebende Momente für dieselbe sind, vielmehr ist auch sie zum grössten Teil auf mechanische Momente zurückzuführen. Je bedeutender und umfangreicher die Zahl und Grösse der vom Geschoss mitgerissenen oder nach hinten umgeklappten Knochenfragmente ist, um so grössere Verheerungen zeigt der Schusskanal in der Muskulatur hinter der Bruchstelle. —

Zum Schlusse folgt noch die Beantwortung der im vorhergehenden Kapitel gestellten Fragen.

Der Grund dafür, dass der Durchmesser der Einschussöffnung in der Haut kleiner ist, als das Geschosskaliber, liegt in dem hohen Grade von Elastizität, welchen die letztere besitzt; je grösser die lebendige Kraft ist, um so weniger wird diese Elastizität Zeit haben, sich zu bethätigen und um so grösser wird der Substanzverlust sein, daher zeigt sich die Einschussöffnung bei 12 m eher grösser als bei 1200 m. An der Ausschussöffnung wird die Haut durch das Geschoss, welches einen grossen Teil seiner lebendigen Kraft verloren hat, ausgestülpt und gespannt bis sie platzt, ohne einen Substanzverlust zu erleiden. Die schlitzförmige Beschaffenheit der Haut ist in deren Strukturverhältnissen begründet. Die Grösse des Schlitzes ist abhängig von dem Grade der Deformation des Geschosses und dem Grade der etwaigen Knochensplitterung.

Der enge und glatte Schusskanal in der Muskulatur vor dem Knochen erklärt sich daraus, dass das Geschoss vor seinem Auftreffen auf letzteren keine wesentliche Deformation erleidet, eine rückwirkende Zertrümmerung durch hydraulischen Druck aber nicht zu Stande kommt. Die Höhlenbildung und die zerfetzte Beschaffenheit der Wandung derselben in der Muskulatur hinter der Bruchstelle ist wesentlich auf mechanische Momente, auf die Deformation, hauptsächlich aber auf die Knochensplitterung zurückzuführen.

Das Fehlen von Streif- und Lochschüssen an der Diaphyse von Röhrenknochen erklärt sich aus der Härte und Sprödigkeit der Corticalis, an der Epiphyse tritt dieser Grund wegen des Vorherrschens der Spongiosa zurück, dagegen kommt hier bei kurzen Distanzen der hydraulische Druck zur Geltung, welcher ein Platzen der Epiphyse herbeiführt.

Die explosive Wirkung des Geschosses bei Diaphysen ist, wie oben bemerkt, in erster Linie in der Härte und Sprödigkeit und der röhrenförmigen Gestaltung der Diaphyse begründet, die annähernd gleiche Ausdehnung der Splitterung bei Schüssen aus verschiedenen Entfernungen ist in der von dem Grade der lebendigen Kraft weniger abhängenden Kommotionswirkung zu suchen.

Schliesslich ist es von Interesse, die bei meinen Versuchen verwendeten 3 Gewehrsysteme in bezug auf ihre Leistungsfähigkeit zu vergleichen.

Die Leistungsfähigkeit des japanischen Ordonnanzgewehrs ist im allgemeinen der des deutschen gleich; Beweise hiefür sind die vergleichenden Schiessversuche auf verschiedene Holzarten und Eisenplatten von verschiedener Dicke. Es steht hiemit im Einklang, dass beide Gewehrsysteme dasselbe Kaliber und ziemlich dieselbe Anfangsgeschwindigkeit besitzen.

Die Geschosse der beiden Gewehre sind aus Weichblei und deshalb leicht deformierbar. Diese Eigenschaft der Bleigeschosse setzt ihre Durchschlagskraft herab; denn letztere ist diejenige lebendige Kraft, welche auf jeden Quadratmillimeter der auftreffenden Fläche des Geschosses wirkt; je mehr also das Geschoss deformiert wird und dadurch die auftreffende Fläche desselben zunimmt, desto kleiner wird der Quotient aus der lebendigen Kraft und der Anzahl Quadratmillimeter der auftreffenden Fläche; dafür spricht die grössere (dreifache) Durchschlagskraft des nicht deformierbaren Mantelgeschosses, das aus demselben Gewehre abgeschossen worden ist.

Es liesse sich also die Durchschlagskraft der Geschosse bei diesen Gewehrsystemen dadurch um das Dreifache (bei Holzzielen) steigern, wenn an Stelle der Weichbleigeschosse Mantelprojektile eingeführt würden. Zugleich würde dieses einen grossen Fortschritt im Sinne der Humanität bedeuten, da die nicht deformierbaren Geschosse geringere Sprengwirkung aufweisen und daher weniger gefährliche Verletzungen setzen.

Eine weitere Steigerung der Durchschlagskraft ist durch Verkleinerung des Kalibers zu erreichen, wie aus den angeführten Tabellen über die Schiessversuche mit dem Mauser'schen 7.6 mm Gewehr hervorgeht.

Aus denselben ist zu ersehen, dass letzteres in Bezug auf Durchschlagskraft bei Holzzielen dem 11 mm Weichbleigeschoss um das 6fache, dem 11 mm Mantelgeschoss um das 2fache überlegen ist. Bereits ist in einigen europäischen Armeen ein solches „Kleinkaliber-Gewehr“ eingeführt, in einigen anderen dessen Einführung in Vorbereitung. Durch eingehende Schiessversuche von Bruns (Die Geschosswirkung der Kleinkaliber-Gewehre. Tübingen 1889) ist der Nachweis geliefert, dass die Kleinkaliber-Geschosse häufiger reine und glatte Schusswunden setzen, die wegen der geringeren Weite des Schusskanales eher den subkutanen Charakter wahren und daher die günstigsten Heilungsbedingungen darbieten.

Ich hoffe zuversichtlich, dass auch in meinem Vaterlande die kleinkalibrige Waffe bald Anerkennung und Eingang finden wird, deren Vorteil ebenso sehr auf taktischem wie humanitären Gebiete liegt.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Deformierung der 11 mm Weichbleigeschosse. (Grösse 1/1.)

Fig. 1—8. Deformierung der Geschosse, vom leichten bis höchsten Grade.

1. Geschoss abgefeuert, im ganzen nicht deformiert, zeigt nur eine quer über die Spitze verlaufende Rinne (Nr. 131: Weichteilschuss mit Zerreissung einer Sehne bei 1200 m Distanz).
2. Geschoss an der Spitze ganz leicht gestaucht (Nr. 180: Weichteilschuss bei 12 m Distanz.)
3. Geschoss an der Spitze gestaucht (Nr. 107: Schuss auf Tannenholz bei 1200 m Distanz).
4. Geschoss pilzförmig deformiert (Nr. 183: Bauchschuss mit Darmbeinperforation bei 12 m Distanz).
5. Geschoss stark pilzförmig gestaucht (Nr. 184: Splitter-Fraktur der Femur-Epiphyse und der Pfanne bei 12 m Distanz),
6. Geschoss stark pilzförmig deformiert (Nr. 190: Schuss in Wasserkasten bei 12 m Distanz).
7. Geschoss hutförmig deformiert (Nr. 28: Schuss auf frisches Buchenholz bei 12 m Distanz).
8. Geschoss hutförmig deformiert, eine Hälfte des Randes abgerissen (Nr. 229: Splitter-Fraktur der entmarkten Femur-Diaphyse bei 12 m Distanz.)

Fig. 9—13. Deformierung der Geschosse, welche mehr oder weniger den Seitenrand der Knochen getroffen haben.

9. Geschossspitze nach einer Seite abgebogen, trägt vorn eine Einkerbung. Mantelteil auf einer Seite feinstreifig (Nr. 146: Splitter-Fraktur der Radius-Diaphyse bei 900 m Distanz).
10. Geschoss nach der Spitze zu seitlich stark abgeplattet (Nr. 133: Streifschuss der Femur-Diaphyse mit Periostablösung bei 1200 m Distanz).
11. Geschoss im ganzen stiefelförmig deformiert (Nr. 164: Zerschmetterung der unteren Humerus-Epiphyse bei 300 m Distanz).
12. Geschoss nach der Spitze zu von einer Seite nach der andern stark abgeplattet, nur der Basalteil fast unverändert (Nr. 185: Splitter-Fraktur der Ulna-Diaphyse bei 12 m Distanz).
13. Geschoss bis zur Hälfte gestaucht und ein Stück der Länge nach abgerissen (Nr. 154: Rinnenschuss der oberen Femur-Epiphyse bei 600 m Distanz).

Fig. 14—18. Deformation der Geschosse, welche voll auf die Mitte der Knochen aufgetroffen sind, (eine Ausnahme davon ist Fig. 17).

14. Geschoss an der Spitze höckrig gestaucht (Nr. 167: Splitter-Fraktur der Humerus-Diaphyse bei 300 m Distanz).
15. Geschoss an der Spitze stark gestaucht und etwas seitlich verbogen (Nr. 166: Fraktur der Patella und der unteren Femur-Epiphyse bei 300 m Distanz).
16. Geschoss an der Spitze harpunenförmig zugespitzt (Nr. 149: Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse bei 900 m Distanz).
17. Geschoss bis zur Hälfte gestaucht (Nr. 172: Rinnenschuss der oberen Humerus-Epiphyse und der Fraktur der Scapula bei 300 m Distanz).
18. Geschoss stark in unregelmässiger Pilzform gestaucht (Nr. 170: Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse bei 300 m Distanz).

Fig. 19—21. Deformation der Geschosse, welche auf kleine Röhrenknochen oder irgend eine Knochenkante aufgetroffen sind und dadurch sich mehr oder wenig gespalten haben.

19. Geschoss an der Spitze gespalten (Nr. 137: Splitter-Fraktur der Fibula-Diaphyse bei 1200 m Distanz).
20. Geschoss an der Spitze weit gespalten (Nr. 147: Splitter-Fraktur der Ulna-Diaphyse bei 900 m Distanz).
21. Geschoss ganz in 3 Stücke geteilt (Nr. 148: Splitter-Fraktur der Femur-Diaphyse bei 900 m Distanz).

Fig. 22—23. Deformationsgrad der Geschosse, welche auf sehr festen Widerstand aufgetroffen und dadurch abgeplattet sind, und deren Randteil wie der Japanische Sonnenorden nach allen Seiten strahlig ausgebreitet ist.

22. Leichte Abplattung und Schalen- und Strahlenbildung eines Geschosses. (Nr. 112: Ganz leichter Eindruck auf 2 mm dicker Walzeisenplatte bei 1200 m Distanz).
23. Fast vollständige Abplattung und ausgeprägte Schalen- und Strahlenbildung (Nr. 114: Leichter Eindruck auf 2 mm dicker Walzeisenplatte 600 m Distanz).

Anmerkung: Eine weitere Deformation zeigt die Fig. 2 auf Taf. IV.

Tafel II. (Grösse 2/3.)

Schussverletzungen der Knochen durch japanische Weichbleigeschosse.

Fig. 1—2. Lochartiger Schuss mit Fraktur an der Femur-Diaphyse auf 1200 m Distanz (Nr. 138).

1. Einschuss an der Vorderfläche an der Grenze des unteren und mittleren Drittels, kreisrund, mit je einer gerade auf- und abwärts laufenden Fissur und 2 schräg nach unten innen und unten aussen und einer ebenso schräg nach oben innen verlaufenden Bruchlinie, welche hauptsächlich nach der Maceration sichtbar wurden.
2. Ausschuss an der Hinterfläche, der nach aussen trichterförmig erweitert und von vielen Splittern umgeben ist, welche ich nach der Maceration durch Kittsubstanz mit grosser Mühe zusammenstellte.

Fig. 3—4. Lochschuss der oberen Tibia-Epiphyse mit Fissuren auf 1200 m Distanz (Nr. 136).

3. Einschuss an der Vorderfläche dicht neben der Tuberositas tibiae mit nach auf- und abwärts typisch divergierenden Fissuren.
4. Ausschuss an der Hinterfläche dicht unterhalb der Tibio-Fibulargelenkfläche mit 2 Fissuren, welche einen Splitter von 15 : 25 mm umschreiben, der erst nach der Maceration sichtbar wurde.

Fig. 5—6. Lochschuss der Femur-Epiphyse mit Splitterung auf 600 m Distanz (Nr. 156).

5. Einschuss an der Vorderfläche dicht oberhalb des Knorpelrandes des Condyl. int., mit kleinen Splittern und 3 nach aufwärts divergierenden, ca. 6 cm langen Fissuren.
6. Ausschuss an der Hinterfläche oberhalb des Knorpelrandes des Condyl. ext., mit zwei nach aufwärts divergierend verlaufenden Fissuren.

Tafel III. (Grösse ²/₃.)

Schussverletzungen der Knochen durch japanische Weichbleigeschosse.

Fig. 1—2. Lochschuss der oberen Femur-Epiphyse auf 300 m Distanz (Nr. 165).

1. Einschuss an der Vorderfläche der Basis des Schenkelhalses, kreisrund, ohne Fissur und Splitterung.
2. Ausschuss an der Hinterfläche, mit haarfeinen Fissuren.

Fig. 3—4. Lochartiger Schuss mit Fraktur an der unteren Grenze der Tibia-Diaphyse auf 600 m Distanz (Nr. 161).

3. Einschuss an der Vorderfläche, kreisrund, mit vielen Bruchlinien.
4. Ausschuss an der Hinterfläche, grosses, viereckiges Loch mit langen Bruchlinien.

Fig. 5. Rinnenschuss der oberen Tibia-Epiphyse und Splitter-Fraktur des oberen Endes der Fibula-Diaphyse auf 900 m Distanz (Nr. 142).

Tafel IV. (Grösse ²/₃.)

Fig. 1. Kegelförmiger Schusskanal in Tannenholz durch japanisches Weichbleigeschoss, welches fast bis zur Hutform deformiert im Lager ruht. (Siehe S. 29 u. 31.)

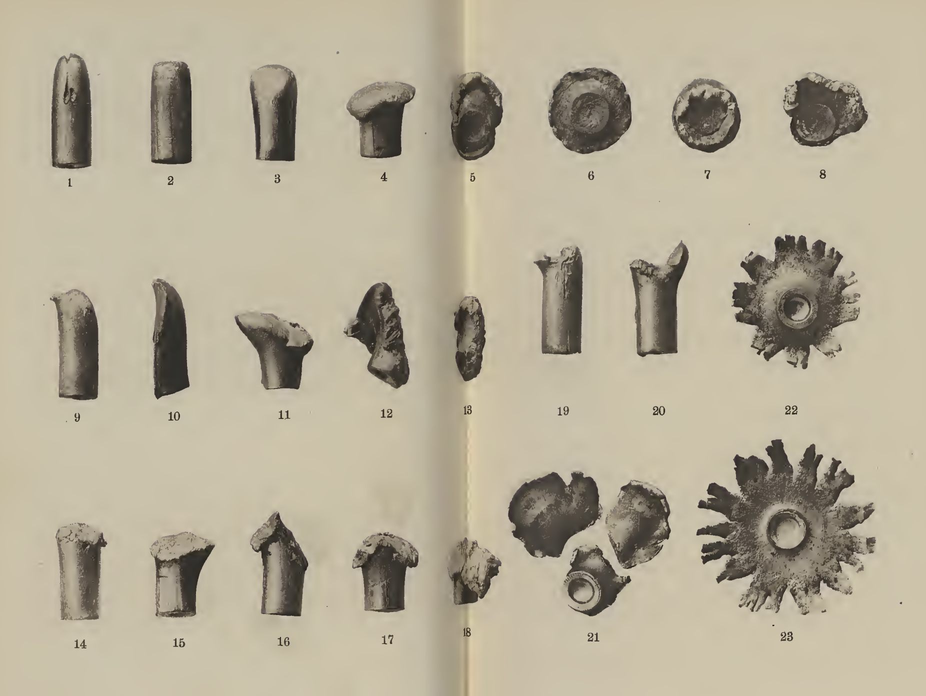
Fig. 2. Weichbleigeschoss, das bei 300 m Distanz auf 2 mm Dicke Walzeisenplatten abgefeuert die erste Platte perforierte und auf der zweiten einen Eindruck gab, schalenförmig deformiert aber ohne strahlige Randteile, welche beim Durchschlagen der ersten Platte abgesprengt sein möchten. Der innere mit der Geschossbasis konzentrisch verlaufende Kreis gibt an den Grad der Deformation nach Durchschlagen der ersten Platte und der äussere hellere Rand des Geschosses kam durch das Aufschlagen der zweiten Platte zu Stande.

Fig. 3. Splitter-Fraktur des Schädeldaches und Fissuren der Basis bei einem Schuss auf 12 m Distanz mit 11 mm Stahlmantelgeschoss, auf isolierten, männlichen Schädel mit Hirn. Einschuss im Stirnbein, Ausschuss im Hinterhauptbein. Die Fragmente sind durch Drähte zusammengehalten.

Fig. 4—5. Lochschuss des Schädeldaches bei einem Schusse auf 12 m Distanz mit 11 mm Weichbleigeschoss auf isolierten männlichen Schädel ohne Hirn.

4. Einschuss im Stirnbein, oberhalb der Mitte des linken Orbitalrandes, scharfrandig und ohne Fissuren.
5. Ausschuss im Hinterhauptbeine, links dicht unter der Lambdanaht. Eine haarfeine Fissur verläuft horizontal vom hinteren Ausschussrand bis zur Mittellinie des Hinterhauptbeins. Die Tabula externa mehr zerstört als die interna; beim Einschuss umgekehrt.





Kikuzi, Physikal. Wirkung d. Gewehr-Projektile.

Lichtdruck von Rommel & Co. in Stuttgart.

H. Laupp'sche Buchhandlung in Tübingen.


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 1. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 2.

Kikuzi, Physikal. Wirkung d. Gewehr-Projektile.

Lichtdruck von Rommel & Co. in Stuttgart.

H. Laupp'sche Buchhandlung in Tübingen.



H. Laupp'sche Buchhandlung in Tübingen.

Lichtdruck von Rommel & Co. in Stuttgart.

Tafel IV.

Fig. 1.

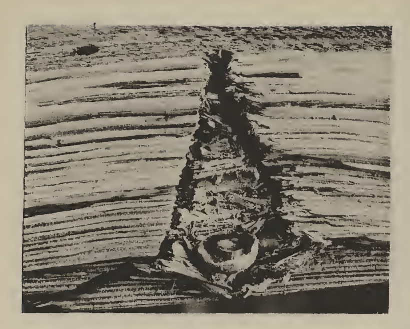
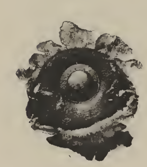


Fig. 3.





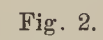


Fig. 2.



Fig. 4.



Fig. 5.

Kikuzi, Physikal. Wirkung d. Gewehr-Projektile.

Lichtdruck von Rommel & Co. in Stuttgart.

H. Laupp'sche Buchhandlung in Tübingen.